

<p>ČEPS, ČEZ Distribuce, PRE Distribuce, E.ON Czech</p>	<p><b>Navrhování a stavba venkovních vedení nad AC 45 kV</b></p>	<p><b>PNE 33 3300</b></p>
		<p>1. vydání</p>
<p><b>Odsouhlasení normy</b></p> <p>Konečný návrh podnikové normy energetiky pro rozvod elektrické energie odsouhlasily tyto organizace: ČEPS, ČEZ Distribuce, PRE Distribuce, a E.ON Czech.</p> <p><b>Změny proti předchozí normě</b></p> <p>Tato podniková norma navazuje na ČSN EN 50341-1 ed.2:2013 a ČSN EN 50341-2-19:2016, která se vztahuje k navrhování a dimenzování venkovních vedení s napětím nad AC 1 kV.</p> <p>Norma obsahuje způsob a určení klimatických zatížení prvků venkovních vedení a mezní stavy. Stanovuje minimální vnitřní a venkovní vzdálenosti mezi vodiči, vedeními a objekty. Určuje dimenzování podpěrných bodů a základní požadavky na mechanické, elektrické a materiálové parametry jednotlivých prvků venkovních vedení.</p> <p><b>Vypracování normy</b></p> <p>EGU-HV Laboratory a.s., 190 11 Praha 9 – Běchovice, IČ 25634330, Ing. Václav Sklenička, CSc.          ČEPS Invest, a.s. Elektrařenská 774/2, 101 52 Praha 10, IČ: 25702556, Ing. Petr Brousil,          Ing. Pavel Froněk, Ing. Čeněk Laub          ENERGNORM, Tesaříkova 1026, 102 00 Praha 10, IČ 48066699, Ing. Jaroslav Bárta          EGÚ Brno, a.s., Hudcova 487/76a, 612 48 Brno, IČ 46900896, Ing. Petr Lehký          ELEKTROTRANS a.s., Ringhofferova 115/1, 155 21 Praha 5, IČ 25655558, Ing. Jan Pavlík;          OMEXOM GA ENERGO s.r.o., Na Střílně AB, 330 11 Plzeň, Bolevec-Orlík, IČ 49196812,          Ing. Josef Perk</p> <p><b>Nahrazení předchozích norem</b></p> <p>Touto normou se od 19. 11. 2016 nahrazuje PNE 33 3300 - 0 z května 2010</p>		
<p>Návaznost: ČSN EN 50341-1 ed.2:2013          ČSN EN 50341-2-19:2016</p>		<p>Účinnost: od 1.1.2016</p>

**Obsah**

	Strana
1	Rozsah platnosti ..... 15
1.1	Obecně ..... 15
1.2	Oblast použití ..... 15
2	Normativní odkazy, definice a značky ..... 16
2.1	Normativní odkazy ..... 16
2.2	Definice ..... 21
2.3	Seznam značek ..... 31
2.4	Seznam zkratk ..... 37
3	Zásady navrhování ..... 39
3.1	Obecně ..... 39
3.2	Požadavky na venkovní vedení ..... 40
3.2.1	Základní požadavky ..... 40
3.2.2	Požadavky na spolehlivost ..... 41
3.2.3	Požadavky na zabezpečení soustavy ..... 42
3.2.4	Bezpečnostní požadavky ..... 42
3.2.5	Koordinace únosnosti ..... 42
3.2.6	Dodatečná hlediska ..... 42
3.2.7	Návrhová životnost ..... 43
3.2.8	Trvanlivost ..... 43
3.2.9	Zabezpečení kvality ..... 43
3.3	Mezní stavy ..... 43
3.3.1	Obecně ..... 43
3.3.2	Mezní stavy únosnosti ..... 43
3.3.3	Mezní stavy použitelnosti ..... 44
3.4	Zatížení ..... 44
3.4.1	Základní klasifikace ..... 44
3.4.2	Rozdělení zatížení podle jejich proměnnosti v čase ..... 44
3.4.3	Rozdělení zatížení podle jejich charakteru a/nebo odezvy konstrukce ..... 44
3.5	Charakteristické hodnoty ..... 45
3.5.1	Charakteristická hodnota zatížení ..... 45
3.5.1.1	Zatížení ( $F$ ) ..... 45
3.5.1.2	Stálé zatížení ( $G$ ) ..... 45
3.5.1.3	Proměnné zatížení ( $Q$ ) ..... 45
3.5.1.4	Mimořádné zatížení ( $A$ ) ..... 45
3.5.2	Charakteristická hodnota vlastnosti materiálu ..... 45
3.6	Návrhové hodnoty ..... 45
3.6.1	Obecně ..... 45
3.6.2	Návrhová hodnota zatížení ..... 45
3.6.3	Návrhová hodnota vlastnosti materiálu ..... 46
3.6.4	Kombinační hodnota proměnného zatížení ..... 46
3.7	Metoda dílčích součinitelů a návrhová rovnice ..... 46
3.7.1	Metoda dílčích součinitelů ..... 46

3.7.2	Základní rovnice pro navrhování .....	46
3.7.3	Celková návrhová hodnota účinku kombinovaných zatížení .....	47
3.7.3.1	Obecně .....	47
3.7.3.2	Návrhové situace, které se vztahují ke stálým a proměnným zatížením .....	47
3.7.3.3	Návrhové situace, které se vztahují ke stálým, proměnným a mimořádným zatížením .....	47
3.7.4	Návrhová odolnost konstrukce .....	47
4	Zatížení vedení .....	48
4.1	Úvod .....	48
4.2	Stálá zatížení .....	50
4.3	Zatížení větrem .....	50
4.3.1	Oblast použití a základní rychlost větru .....	50
4.3.1.1	Obecně .....	50
4.3.1.2	Základní rychlost větru, mapa větrných oblastí .....	50
4.3.2	Střední rychlost větru .....	50
4.3.3	Střední tlak větru .....	51
4.3.4	Intenzita turbulence a maximální tlak větru .....	51
4.3.5	Síla větru na libovolnou složku vedení .....	52
4.4	Síly větru na složky venkovního vedení .....	52
4.4.1	Síly větru na vodiče .....	52
4.4.1.1	Obecně .....	52
4.4.1.2	Součinitel konstrukce .....	55
4.4.1.3	Součinitel aerodynamického odporu .....	56
4.4.2	Síly větru na izolátorové závěsy .....	56
4.4.3	Síly větru na příhradové stožáry .....	56
4.4.3.1	Obecně .....	56
4.4.3.2	Síla větru na příhradový stožár s pravoúhlým průřezem (metoda 1 podle ČSN EN 50341-1) .....	57
4.4.4	Síly větru na sloupy .....	58
4.4.5	Síla větru na letecké výstražné koule .....	59
4.5	Zatížení námrazou .....	60
4.5.1	Obecně .....	60
4.5.1.1	Všeobecné informace .....	60
4.5.1.2	Námrazové oblasti .....	60
4.5.1.3	Extrémní referenční a extrémní zatížení námrazou na vodičích .....	60
4.5.2	Zatížení vodičů námrazou .....	62
4.5.3	Zatížení izolátorových závěsů námrazou .....	62
4.5.4	Zatížení námrazou na podpěrných bodech .....	62
4.6	Kombinované zatížení větrem a námrazou .....	62
4.6.1	Kombinované pravděpodobnosti .....	62
4.6.2	Součinitele aerodynamického odporu a hustoty námrazy .....	65
4.6.3	Střední tlak větru a maximální tlak větru .....	65
4.6.4	Ekvivalentní průměr $D$ vodiče pokrytého námrazou .....	65
4.6.5	Zatížení podpěrných bodů silou větru na vodiče, pokryté námrazou .....	66
4.6.6	Kombinace rychlostí větru a zatížení námrazou .....	66
4.6.6.1	Extrémní zatížení námrazou $I_T$ kombinované s rychlostí větru s vysokou pravděpodobností $V_{IH}$ .....	66

4.6.6.2	Jmenovité zatížení námrazou $l_3$ kombinované s rychlostí větru s nízkou pravděpodobností $V_L$ .....	67
4.6.7	Kombinované zatížení podpěrných bodů větrem a námrazou .....	68
4.6.8	Kombinované zatížení izolátorových závěsů větrem a námrazou .....	68
4.7	Účinky teploty .....	68
4.8	Zabezpečovací zatížení .....	68
4.8.1	Obecně .....	68
4.8.1.1	Základní zabezpečovací opatření .....	68
4.8.1.2	Doplňková zabezpečovací opatření .....	69
4.8.1.3	Další doplňková zabezpečovací opatření .....	69
4.8.2	Torzní zatížení .....	69
4.8.3	Podélná zatížení .....	70
4.8.3.1	Podélná zatížení pro všechny podpěrné body .....	70
4.8.3.2	Podélná zabezpečovací zatížení pro výztužné podpěrné body .....	70
4.8.4	Mechanické podmínky použití .....	70
4.9	Bezpečnostní zatížení .....	70
4.9.1	Montážní a údržbová zatížení .....	70
4.9.2	Zatížení, která se vztahují k tíže montérů .....	70
4.9.3	Další požadavky na montážní a údržbová zatížení .....	71
4.9.3.1	Obecně .....	71
4.9.3.2	Stavba podpěrných bodů .....	71
4.9.3.3	Tažení a regulování průhybů vodičů .....	71
4.9.3.3.1	Tahy vodičů .....	71
4.9.3.3.2	Svislé síly .....	71
4.9.3.3.3	Příčné síly .....	71
4.9.3.3.4	Podélné a svislé síly, působící na dočasné koncové podpěrné body při montáži vodičů .....	71
4.9.3.3.4.1	Podélné síly .....	71
4.9.3.3.4.2	Svislé síly .....	72
4.9.3.3.5	Podélné síly, působící na podpěrné body s vodiči v kladkách .....	72
4.10	Síly působené zkratovými proudy .....	72
4.11	Další zvláštní síly .....	72
4.11.1	Laviny, sesuv sněhu .....	72
4.11.2	Zemětřesení .....	72
4.12	Zatěžovací stavy .....	72
4.12.1	Obecně .....	72
4.12.1.1	Obecné požadavky .....	72
4.12.1.2	Přetržení jednoho řetězce vícenásobného izolátorového závěsu .....	73
4.12.1.3	Rozdělení podpěrných bodů podle účelu .....	73
4.12.2	Standardní zatěžovací stavy .....	74
4.12.3	Zatěžovací stavy pro odbočné podpěrné body .....	77
4.12.4	Zvláštní zatěžovací stavy pro portálové stožáry .....	79
4.13	Dílčí součinitele zatížení .....	79
4.13.1	Dílčí součinitele zatížení, součinitele pro kombinační hodnoty zatížení a redukční součinitele pro trvalá vedení .....	79
4.13.2	Dílčí součinitele zatížení, součinitele pro kombinační hodnoty zatížení a redukční součinitele pro .....	79

5	Elektrické požadavky .....	82
5.1	Úvod .....	82
5.2	Proudy .....	83
5.2.1	Normální proud .....	83
5.2.2	Zkratový proud .....	83
5.3	Koordinace izolace .....	83
5.3.1	Obecně .....	83
5.3.2	Požadovaná výdržná napětí ( $U_{rw}$ ) .....	83
5.3.3	Výdržná napětí izolátorových závěsů .....	84
5.4	Klasifikace napětí a přepětí .....	84
5.4.1	Obecně .....	84
5.4.2	Reprezentativní napětí síťového kmitočtu .....	84
5.4.3	Reprezentativní dočasná přepětí .....	85
5.4.4	Reprezentativní přepětí s pomalým čelem .....	85
5.4.5	Reprezentativní přepětí s rychlým čelem .....	85
5.5	Nejkratší elektrické vzdálenosti ve vzduchu pro zamezení přeskočení .....	86
5.5.1	Obecně .....	86
5.5.2	Použití teoretické metody podle přílohy E ČSN EN 50341-1 .....	86
5.5.3	Empirická metoda založená na evropských zkušenostech .....	86
5.5.3.1	Nejkratší vzdálenosti $D_{ei}$ a $D_{pp}$ .....	86
5.5.3.2	Nejkratší vzdálenosti $D_{50Hz\_p\_e}$ a $D_{50Hz\_p\_p}$ .....	87
5.5.4	Další požadavky pro nejkratší vnitřní a vnější vzdálenosti .....	87
5.5.4.1	Vzdálenosti izolovaných vodičů .....	87
5.5.4.2	Vzdálenosti k samonosným dielektrickým kabelům .....	87
5.5.4.3	Požadavek na dodržení vzdálenosti po dobu životnosti vedení .....	87
5.6	Zatěžovací stavy pro výpočet nejkratších vzdáleností .....	87
5.6.1	Zatěžovací podmínky .....	87
5.6.2	Nejvyšší a nejnižší teplota vodičů .....	87
5.6.2.1	Nejvyšší návrhová teplota fázových vodičů .....	87
5.6.2.2	Nejnižší teplota vodičů .....	87
5.6.2.3	Vedení s více systémy .....	88
5.6.2.4	Křížení elektrických vedení .....	88
5.6.3	Zatížení větrem pro určení nejkratších elektrických vzdáleností .....	88
5.6.3.1	Zatěžovací stavy větrem .....	88
5.6.3.2	Bezvětrí .....	88
5.6.3.3	Jmenovité zatížení větrem .....	88
5.6.3.4	Zatížení nestejným větrem .....	88
5.6.3.5	Extrémní zatížení větrem .....	89
5.6.4	Zatížení námrazou pro určení nejkratších elektrických vzdáleností .....	89
5.6.4.1	Extrémní zatížení námrazou .....	89
5.6.4.2	Nerovnoměrné zatížení námrazou .....	89
5.6.5	Kombinované zatížení větrem a námrazou .....	90
5.6.6	Kombinované zatížení námrazou a nestejným větrem .....	90
5.7	Koordinace polohy vodiče a elektrických namáhání .....	90

5.8	Nejkratší vnitřní vzdálenosti v rozpětí a na podpěrném bodu .....	91
5.8.1	Obecně .....	91
5.8.2	Redukční součinitel pro nejkratší vnitřní vzdálenosti .....	91
5.8.3	Další podmínky pro kontrolu vnitřních vzdáleností .....	91
5.8.4	Empirická metoda pro výpočet nejkratších vnitřních vzdálenosti v rozpětí .....	92
5.8.5	Přibližná metoda pro výpočet vzdálenosti mezi vodiči s různými průřezy, materiály, průhyby nebo vzájemnými pozicemi na podpěrných bodech .....	93
5.8.6	Vliv izolátorového závěsu na určení nejkratších vzdálenosti na podpěrném bodu .....	93
5.9	Nejkratší vnější vzdálenosti .....	94
5.9.1	Obecně .....	94
5.9.1.1	Obecně .....	94
5.9.1.2	Další zatěžovací stavy pro nejkratší vzdálenosti od budov, dopravních cest, jiných vedení a rekreačních ploch .....	94
5.9.1.3	Použití dvojíých a vícenásobných závěsů .....	94
5.9.1.4	Spojování vodičů v rozpětí .....	95
5.9.1.5	Kontrola vnějších vzdáleností s ohledem na nejkratší vnitřní vzdálenost $a_{som}$ .....	95
5.9.2	Nejkratší vzdálenosti vodičů od země .....	95
5.9.3	Nejkratší vzdálenost od porostů .....	95
5.9.4	Nejkratší vzdálenosti vodičů od budov .....	96
5.9.5	Nejkratší vzdálenost od pozemních komunikací .....	98
5.9.6	Nejkratší vzdálenosti od drah .....	98
5.9.6.1	Nejkratší vzdálenosti od kolejí železnic .....	98
5.9.6.2	Vzdálenosti od trakčních vedení železnic, tramvajových a trolejbusových drah .....	99
5.9.6.3	Nejkratší vzdálenosti od lanových drah .....	101
5.9.7	Nejkratší vzdálenosti od křížovaných vodních cest a ostatních vodních ploch a toků .....	101
5.9.8	Nejkratší vzdálenosti od ostatních venkovních elektrických vedení a od venkovních telekomunikačních vedení .....	103
5.9.9	Rekreační plochy a parky .....	104
5.9.10	Nejkratší vzdálenosti od ostatních ploch a objektů .....	104
5.9.10.1	Potrubí .....	104
5.9.10.2	Vodivé stabilní ploty, vinice s drátěnou nosnou konstrukcí, chmelnice .....	106
5.9.10.3	Hřbitovy .....	106
5.10	Účinek koróny .....	106
5.10.1	Rádiové rušení .....	106
5.10.1.1	Obecně .....	106
5.10.1.2	Konstrukční vlivy .....	106
5.10.1.3	Meze rušení .....	106
5.10.2	Akustický hluk .....	107
5.10.2.1	Obecně .....	107
5.10.2.2	Konstrukční vlivy .....	107
5.10.2.3	Meze hluku .....	107
5.10.3	Ztráty korónou .....	107
5.11	Elektrická a magnetická pole .....	107
5.11.1	Elektrická a magnetická pole pod vedením .....	107
5.11.2	Elektrická a magnetická indukce .....	108
5.11.2.1	Obecně .....	108

5.11.2.2	Vlivy na ocelová potrubí .....	108
5.11.2.3	Vlivy na zabezpečovací vedení a zařízení drah.....	108
5.11.2.4	Uzemnění objektů v blízkosti vedení .....	108
5.11.3	Působení na telekomunikační obvody .....	108
6	Uzemňovací soustavy .....	109
6.1	Úvod .....	109
6.1.1	Účel .....	109
6.1.2	Požadavky na dimenzování uzemňovacích soustav .....	109
6.1.3	Uzemňování proti účinkům blesku.....	109
6.1.3.1	Obecně .....	109
6.1.3.2	Ochrana vodičů před přímým úderem blesku.....	110
6.1.3.3	Ochrana vedení nad 45 kV před zpětnými přeskoky .....	110
6.1.4	Zavlečené potenciály.....	111
6.1.4.1	Ochrana zařízení před nebezpečnými vlivy.....	111
6.2	Dimenzování s ohledem na korozní odolnost a mechanickou pevnost .....	111
6.2.1	Zemniče.....	111
6.2.2	Uzemňovací přívody a vodiče pospojování .....	111
6.3	Dimenzování s ohledem na tepelnou odolnost.....	112
6.3.1	Obecně .....	112
6.3.2	Výpočet proudové zatížitelnosti .....	112
6.4	Dimenzování s ohledem na bezpečnost osob .....	112
6.4.1	Dovolené hodnoty pro dotyková napětí .....	112
6.4.2	Meze dotykového napětí v různých lokalitách .....	112
6.4.3	Základní návrh uzemňovacích soustav s ohledem na dovolené dotykové napětí .....	114
6.4.3.1	Postup návrhu .....	114
6.4.3.2	Okolí podpěrných bodů, která nejsou často navštěvována lidmi .....	115
6.4.3.3	Okolí podpěrných bodů, která jsou často navštěvována lidmi .....	115
6.4.3.4	Stanoviště obsluhy .....	116
6.5	Kontrola a dokumentace uzemňovacích soustav .....	116
7	Podpěrné body .....	117
7.1	Výchozí úvahy pro navrhování .....	117
7.1.1	Úvod .....	117
7.1.2	Návrhová únosnost konstrukce sloupu.....	117
7.1.3	Vzpěrná únosnost.....	117
7.2	Materiály .....	117
7.2.1	Za studena tvarované ocelové prvky .....	117
7.2.3	Požadavky na jakost ocelí určených pro pozinkování .....	117
7.2.4	Kotevní šrouby.....	117
7.2.5	Beton a výztužná ocel .....	117
7.2.6	Dřevo .....	117
7.2.7	Materiály pro kotvení .....	117
7.2.8	Ostatní materiály .....	117
7.3	Ocelové příhradové stožáry.....	118
7.3.1	Obecně .....	118

7.3.2	Zásady navrhování .....	118
7.3.3	Materiály .....	118
7.3.4	Trvanlivost .....	118
7.3.5	Analýza konstrukce.....	118
7.3.5.1	Metody analýzy.....	118
7.3.5.2	Účinky deformací.....	118
7.3.5.3	Pružnostní globální analýza.....	118
7.3.6	Mezní stavy únosnosti .....	119
7.3.6.1	Obecně.....	119
7.3.6.1.1	Dílčí součinitele vlastnosti materiálu $\gamma_M$ .....	119
7.3.6.1.2	Přístup k posuzování únosnosti.....	119
7.3.6.1.3	Koordinace únosnosti.....	119
7.3.6.2	Únosnost průřezů .....	119
7.3.6.3	Únosnost prvků v tahu, ohybu a tlaku.....	120
7.3.6.3.1	Únosnost v tahu.....	120
7.3.6.3.2	Únosnost v tlaku.....	120
7.3.6.3.3	Únosnost v ohybu.....	120
7.3.6.3.4	Únosnost při kombinaci ohybového momentu a osově síly.....	120
7.3.6.4	Vzpěrná únosnost tlačných prutů.....	120
7.3.6.5	Vzpěrná únosnost ohýbaných prutů .....	120
7.3.7	Mezní stavy použitelnosti.....	120
7.3.8	Únosnost spojů .....	121
7.3.9	Navrhování pomocí zkoušek .....	121
7.3.10	Únava .....	121
7.4	Ocelové sloupy .....	121
7.4.1	Obecně.....	121
7.4.2	Zásady navrhování (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 2).....	121
7.4.3	Materiály (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 3).....	121
7.4.4	Trvanlivost (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 4).....	121
7.4.5	Analýza konstrukce (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 5) .....	121
7.4.6	Mezní stavy únosnosti (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 6).....	122
7.4.6.1	Obecně.....	122
7.4.6.2	Únosnost průřezů .....	122
7.4.7	Mezní stavy použitelnosti (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 7) .....	122
7.4.8	Únosnost spojů .....	122
7.4.8.1	Zásady.....	122
7.4.8.2	Šrouby (kromě kotevních šroubů).....	122
7.4.8.3	Spoje s nasunutím .....	122
7.4.8.4	Šroubové přírubové spoje.....	123
7.4.8.5	Svarové spoje .....	123
7.4.8.6	Přímé zabetonování.....	123
7.4.8.7	Patní deska a kotevní šrouby .....	123
7.4.9	Navrhování pomocí zkoušek .....	123
7.5	Dřevěné sloupy.....	124



7.6	Betonové sloupy .....	124
7.7	Kotvené konstrukce .....	124
7.7.1	Obecně .....	124
7.7.2	Zásady navrhování .....	124
7.7.3	Materiály .....	124
7.7.4	Mezní stavy únosnosti .....	124
7.7.4.1	Zásady .....	124
7.7.4.2	Výpočet vnitřních sil a momentů .....	125
7.7.4.3	Analýza druhého řádu .....	125
7.7.4.4	Největší štíhlosti .....	126
7.7.5	Mezní stavy použitelnosti .....	126
7.7.6	Konstrukční detaily kotev .....	126
7.8	Ostatní konstrukce .....	127
7.9	Ochrana proti korozi a povrchové úpravy .....	127
7.9.1	Obecně .....	127
7.9.2	Pozinkování .....	127
7.9.3	Metalizace žárovým nástřikem .....	127
7.9.4	Nátěr na pozinkovaný povrch ve výrobě (systém Duplex) .....	127
7.9.5	Dekoratивní povrchové úpravy .....	128
7.9.6	Použití ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi .....	128
7.9.7	Ochrana dřevěných stožárů .....	128
7.10	Vybavení pro údržbu .....	128
7.10.1	Výstup na konstrukci .....	128
7.10.2	Udržovatelnost .....	128
7.10.3	Bezpečnostní požadavky .....	128
7.11	Zatěžovací zkoušky .....	129
7.12	Výroba montáž a stavba .....	129
8	Základy .....	130
8.1	Úvod .....	130
8.1.1	Obecně .....	130
8.1.2	Specifické vlastnosti základů venkovních elektrických vedení .....	130
8.1.3	Ochranná pásma .....	130
8.1.4	Bezpečnost práce .....	130
8.2	Zásady navrhování geotechnických konstrukcí (ČSN EN 1997-1:2004 – kapitola 2) .....	131
8.2.1	Obecně .....	131
8.2.2	Geotechnické navrhování výpočtem .....	131
8.2.2.1	Výpočtové modely .....	131
8.2.2.2	Výpočet $\sigma$ (kPa) – návrhové únosnosti základu v tlaku .....	133
8.2.2.3	Výpočet $\sigma_{\text{a}}$ (kPa) – návrhového extrémního kontaktního napětí v základové spáře .....	134
8.2.2.4	Sedání základu .....	134
8.2.3	Zatěžovací zkoušky a zkoušky na zkušebních modelech .....	135
8.2.4	Pilotové základy .....	135
8.3	Geologický průzkum základové půdy a geotechnické údaje (ČSN EN 1997-1:2006 – kapitola 3) .....	135
8.4	Výstavba, montáž a údržba (ČSN EN 1997-1:2004 – kapitola 4) .....	135

8.4.1	Obecně.....	135
8.4.2	Zásady betonáže při různých klimatických podmínkách.....	136
8.4.2.1	Obecně.....	136
8.4.2.2	Betonování v letním období.....	136
8.4.2.3	Betonování při teplotách 7 °C až 15 °C.....	136
8.4.2.4	Betonování při teplotách kolem bodu mrazu nebo pod bodem mrazu.....	136
8.4.2.5	Přísady do betonů.....	136
8.4.2.6	Doba konečné úpravy.....	136
8.5	Zásypy, odvodňování, zlepšení a vyztužení základové půdy (ČSN EN 1997-1:2006 – kapitola 5).....	137
8.5.1	Zásypy.....	137
8.5.2	Odvodňování stavební jámy.....	137
8.5.3	Zpevnění základové půdy.....	138
8.6	Interakce mezi konstrukcí základu a zeminou podloží.....	138
9	Vodiče a zemnicí lana.....	139
9.1	Úvod.....	139
9.2	Vodiče na bázi hliníku.....	139
9.2.1	Vlastnosti a rozměry.....	139
9.2.2	Elektrické požadavky.....	139
9.2.3	Provozní teploty vodiče a vlastnosti maziva.....	140
9.2.4	Mechanické požadavky.....	141
9.2.5	Ochrana proti korozi.....	143
9.2.6	Požadavky na zkoušky.....	143
9.3	Vodiče na bázi oceli.....	143
9.3.1	Vlastnosti a rozměry.....	143
9.3.2	Elektrické požadavky.....	144
9.3.3	Provozní teploty vodiče a vlastnosti maziva.....	144
9.3.4	Mechanické požadavky.....	144
9.3.5	Ochrana proti korozi.....	145
9.3.6	Požadavky na zkoušky.....	145
9.4	Vodiče na bázi mědi.....	145
9.5	Vodiče a zemnicí lana obsahující optická vlákna telekomunikačních obvodů.....	145
9.5.1	Vlastnosti a rozměry.....	145
9.5.2	Elektrické požadavky.....	145
9.5.3	Provozní teploty vodiče.....	146
9.5.4	Mechanické požadavky.....	146
9.5.5	Ochrana proti korozi.....	146
9.5.6	Zkušební požadavky.....	146
9.6	Obecné požadavky.....	146
9.6.1	Zamezení poškození.....	146
9.6.2	Dílčí součinitel vlastnosti materiálu pro vodiče.....	147
9.6.3	Nejmenší průřezy.....	147
9.6.4	Výpočty tahů a průhybů.....	147
9.7	Zkušební protokoly a certifikáty.....	147
9.8	Výběr, dodávka a montáž vodičů.....	147

10	Izolátory .....	148
10.1	Obecně .....	148
10.1.1	Použití vícenásobných izolátorových závěsů .....	148
10.1.2	Použití ochranných armatur .....	148
10.1.3	Orientace ochranných armatur izolátorových závěsů .....	148
10.2	Standardní elektrické požadavky .....	149
10.3	Požadavky na rádiové rušení a zhášecí napětí koróny .....	150
10.4	Požadavky na chování při znečištění .....	150
10.4.1	Obecně .....	150
10.4.2	Volba izolátorů do znečištění podle délky unifikované měrné povrchové cesty .....	150
10.4.3	Volba izolátorů na základě výsledků zkoušky s umělým znečištěním .....	150
10.5	Požadavky na obloukový zkrat .....	151
10.6	Požadavky na akustický hluk .....	152
10.7	Mechanické požadavky .....	152
10.7.1	Dílčí součinitel vlastností materiálu pro izolátory .....	152
10.7.2	Nejmenší přípustné zatížení izolátorových závěsů pro vedení .....	152
10.7.3	Vícenásobné izolátorové závěsy .....	152
10.8	Požadavky na trvanlivost .....	152
10.8.1	Obecné požadavky na trvanlivost izolátorů .....	152
10.8.2	Ochrana před vandalizmem .....	153
10.8.3	Ochrana železných materiálů .....	153
10.8.4	Doplňková ochrana proti korozi .....	153
10.9	Výběr a specifikace materiálu .....	153
10.10	Charakteristiky a rozměry izolátorů .....	153
10.11	Požadavky na typové zkoušky .....	153
10.11.1	Standardní typové zkoušky .....	153
10.11.2	Volitelné typové zkoušky .....	154
10.12	Požadavky na výběrové zkoušky .....	154
10.13	Požadavky na výrobní kusové zkoušky .....	155
10.14	Souhrn požadavků na zkoušky .....	155
10.15	Zkušební protokoly a osvědčení .....	155
10.16	Výběr, dodávka a montáž izolátorů .....	155
11	Armatury venkovního vedení .....	156
11.1	Úvod .....	156
11.2	Elektrické požadavky .....	156
11.2.1	Požadavky, týkající se všech armatur .....	156
11.2.2	Požadavky, týkající se armatur pro vedení proudu .....	156
11.3	Požadavky na rádiové rušení a zhášecí napětí koróny .....	156
11.4	Magnetické charakteristiky .....	156
11.5	Požadavky na zkratový proud a obloukový zkrat .....	156
11.6	Mechanické požadavky .....	157
11.7	Požadavky na trvanlivost .....	158
11.8	Výběr a specifikace materiálu .....	158
11.9	Charakteristiky a rozměry armatur .....	158

11.10	Požadavky na typové zkoušky.....	158
11.11	Požadavky na výběrové zkoušky.....	158
11.12	Požadavky na výrobní kusové zkoušky .....	159
11.13	Zkušební protokoly a osvědčení .....	159
11.14	Výběr, dodávka a montáž armatur.....	159
12	Zabezpečení jakosti, kontroly a přejímka.....	160
12.1	Zabezpečení jakosti.....	160
12.2	Kontroly a přejímka.....	160
Příloha A (informativní) Koordinace únosnosti.....		161
Příloha B (informativní) Převody rychlostí větru a zatížení námrazou .....		162
B.1	Definice značek použitých v této příloze B .....	162
B.2	Vyhodnocení údajů o extrémních rychlostech větru .....	162
B.3	Vyhodnocení údajů o extrémních zatíženích námrazou .....	164
Příloha C (informativní)Příklady určení zatížení větrem – Zvláštní síly.....		166
C.1	Příklady použití výpočtů zatížení větrem, definovaných v 4.3, 4.4 a 4.6.....	166
C.1.1	Příklad 1: Typický nosný příhradový stožár dvojitého vedení 400 kV v přímé trase .....	166
C.1.2	Příklad 2: Typický nosný příhradový stožár dvojitého vedení 110 kV v přímé trase .....	172
C.2	Zvláštní síly.....	178
C.2.1	Definice symbolů použitých v této příloze C.2 .....	178
C.2.2	Síly způsobené zkratovými proudy .....	178
C.2.3	Laviny, sesuv sněhu .....	179
C.2.4	Zemětřesení .....	179
Příloha D (informativní) Statistické údaje pro Gumbelovo rozdělení extrémů.....		180
Příloha E (informativní) Teoretické metody pro výpočet minimálních vzdušných nejkratších vzdáleností .....		181
Příloha F (informativní) Empirické metody pro výpočet vzdáleností v rozpětí .....		182
Příloha G (normativní) Metody výpočtu uzemňovacích soustav .....		183
G.1	Definice značek použitých v této příloze .....	183
G.2	Minimální rozměry zemničů .....	184
G.3	Výpočet proudové zatížitelnosti .....	184
G.4	Dotykové napětí a proud tělem.....	186
G.4.1	Rovnocennost mezi dotykovým napětím a proudem tělem .....	186
G.4.2	Výpočet s uvažováním přídatných odporů .....	188
Příloha H (informativní) Provádění a měření uzemňovacích soustav .....		190
H.1	Definice značek používaných v této příloze.....	190
H.2	Podklady pro ověření návrhu .....	190
H.2.1	Rezistivita půdy.....	190
H.2.2	Odpor uzemnění zemniče.....	191
H.3	Zřizování zemničů a uzemňovacích přívodů.....	193
H.3.1	Zřizování zemničů.....	193
H.3.1.1	Zemniče.....	193
H.3.1.2	Vodorovné zemniče .....	193
H.3.1.3	Svislé nebo šikmé tyčové zemniče .....	193
H.3.1.4	Spojování zemničů .....	193
H.3.1.5	Umísťování měděných a ocelových zemničů.....	193

H.3.2	Montáž uzemňovacích přívodů .....	193
H.3.2.1	Obecně .....	193
H.3.2.2	Zřizování uzemňovacích přívodů .....	193
H.3.2.3	Spojování uzemňovacích přívodů .....	194
H.4	Měření v uzemňovacích soustavách a pro jejich návrh .....	194
H.4.1	Měření rezistivity půdy .....	194
H.4.2	Měření dotykových napětí .....	194
H.4.3	Měření odporu uzemnění a impedance uzemnění .....	194
H.4.4	Určení nárůstu potenciálu zemniče .....	195
	Příloha J (informativní) Úhelníky v ocelových příhradových stožárech .....	198
	Příloha K (normativní) Ocelové trubkové stožáry .....	199
K.1	Definice a značky použité v této příloze K .....	199
K.2	Klasifikace průřezů (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 5.5) .....	199
K.3	Průřezy třídy 4 (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 6.2.2.5 a ČSN EN 1993-1-5:2008 – kapitola 4) .....	200
K.4	Únosnost kruhových průřezů .....	200
K.5	Únosnost polygonálních průřezů .....	201
K.5.1	Průřezy třídy 3 (ČSN EN 1993-1-1:2006 – článek 6.2.9.2) .....	201
K.5.2	Průřezy třídy 4 (ČSN EN 1993-1-1:2006 – článek 6.2.9.3) .....	201
K.6	Navrhování kotevních šroubů .....	202
	Příloha L (informativní) Požadavky pro návrh podpěrných bodů a základů .....	206
L.1	Konstrukční požadavky .....	206
L.2	Požadavky na konfiguraci: typy podpěrných bodů a jejich použití .....	206
L.3	Uchycení fázových vodičů a zemnicích lan .....	208
L.4	Ocelové konstrukce základů .....	208
L.5	Vybavení pro stavbu a údržbu .....	208
L.6	Omezení hmotnosti a rozměrů .....	208
	Příloha M (informativní) Geotechnický a konstrukční návrh základů .....	209
M.1	Typické hodnoty geotechnických parametrů zemin a skalních hornin .....	209
M.1.1	Obecně .....	209
M.1.2	Definice .....	209
M.1.3	Značky, definice a jednotky některých parametrů zemin .....	209
M.2	Příklady analytických modelů pro posouzení na únosnost proti vytažení .....	214
M.2.1	Obecně .....	214
M.2.2	Výpočet $R_w$ .....	215
M.2.3	Výpočet $R_s$ .....	215
M.2.4	Analytické stanovení $R_d$ .....	218
M.3	Příklady semi-empirických modelů pro odhad únosnosti základu .....	219
M.3.1	Geotechnický návrh pomocí výpočtu .....	219
M.3.1.1	Obecně .....	219
M.3.1.2	Blokové základy .....	219
M.3.1.3	Plošné základy .....	221
M.3.1.4	Roštové základy deskového typu .....	222
M.3.1.5	Samostatné pilotové základy .....	222
M.3.1.6	Samostatné stupňové blokové základy .....	222

M.3.1.7	Vrtané nebo hloubené základy .....	224
M.3.1.8	Samostatné roštové základy .....	225
M.3.1.9	Pilotové základy .....	225
M.3.2	Návrh betonových základů .....	226
Příloha N (informativní) Vodiče a zemnicí lana .....		227
N.1	Specifikace vodičů a zemnicích lan .....	227
N.1.1	Hlediska, ovlivňující specifikaci vodičů a zemnicích lan .....	227
N.1.2	Provozní hlediska .....	231
N.1.3	Požadavky údržby .....	231
N.1.4	Parametry prostředí .....	231
N.2	Volba vodičů a zemnicích lan .....	231
N.3	Balení a dodávka vodičů a zemnicích lan .....	232
N.4	Opatření při montáži vodičů a zemnicích lan .....	232
Příloha P (informativní) Zkoušky izolátorů a izolátorových závěsů .....		233
P.1	Seznam odkazů na zkoušky .....	233
P.2	Typové zkoušky izolátorových závěsů .....	234
P.3	Volitelné typové zkoušky .....	235
Příloha Q (informativní) Izolátory .....		236
Q.1	Specifikace izolátorů .....	236
Q.1.1	Hlediska ovlivňující specifikaci izolátorů .....	236
Q.1.2	Provozní hlediska .....	236
Q.1.3	Požadavky údržby .....	236
Q.1.4	Parametry prostředí .....	236
Q.2	Volba izolátoru .....	236
Q.3	Balení a dodávka izolátorů .....	237
Q.4	Opatření při montáži izolátorů .....	237
Příloha R (informativní) Armatury venkovních vedení .....		238
R.1	Specifikace a volba armatur .....	238
R.1.1	Hlediska, ovlivňující specifikaci a volbu .....	238
R.1.2	Provozní hlediska .....	238
R.1.3	Požadavky údržby .....	238
R.1.4	Parametry prostředí .....	238
R.2	Balení a dodávka armatur .....	238
R.3	Opatření při montáži armatur .....	239
Příloha S (informativní) Mapa námrazových oblastí České republiky .....		240

## 1 Rozsah platnosti

### 1.1 Obecně

Tato norma platí pro nově navrhovaná elektrická venkovní vedení se jmenovitým napětím nad AC 45 kV a jmenovitým kmitočtem do 100 Hz.

### 1.2 Oblast použití

Tato norma stanovuje všeobecné požadavky, které se musí dodržet při navrhování a stavbě nových venkovních vedení s cílem zajistit, aby vedení vyhovovalo svému účelu se zřetelem na bezpečnost osob, údržbu, provoz a prostředí.

Pro rekonstrukce, přeložky a rozšíření stávajících vedení musí být rozsah použití této normy stanoven v projektové specifikaci (dále jen PS). PS musí zároveň stanovit, která z předchozích národních norem a v jakém rozsahu musí být v projektu použita.

Nová odbočka ze stávajícího vedení se považuje za nové vedení s výjimkou obočného podpěrného bodu, pro který musejí být konkrétní požadavky stanoveny v PS.

Požadavky této normy musí být aplikovány i na telekomunikační kabely všude tam, kde je to možné (např. požadavky na zatížení, vnější vzdálenosti apod.).

Vedení ve fázi výstavby může být dokončeno podle norem, platných v době zpracování projektu vedení. Případné použití některých ustanovení této normy musí být dohodnuto mezi zúčastněnými stranami.

Pro vedení ve fázi rozpracovaného projektu musí být rozsah použití této normy dohodnut mezi zúčastněnými stranami.

Dočasné vedení (pokud není jinak zabezpečen přístup k němu) je novým vedením. Rozhodující pro jeho návrh je čas a období trvání dočasného provozu.

Vedení, kde je prováděna výměna dožitých prvků bez zvýšení parametrů zatížení není novým vedením (např. oprava stávajících podpěrných bodů, výměna izolátorových závěsů nebo vodičů, výměna ZL za KZL).

Montáž druhého potahu dvojitého vedení provozovaného dočasně s jedním potahem není novým vedením.

Tato norma se vztahuje i na nová venkovní vedení se střídavým napětím 110 kV, která nesou na společných podpěrných bodech i systémy se jmenovitým střídavým napětím nad 1 kV do 45 kV s holými nebo izolovanými vodiči.

Podmínky pro vzájemné křížení nových a starých vedení musí být uvedeny v PS.

Ustanovení této normy platí i pro telekomunikační zařízení (antény, paraboly atd.), montovaná na jednotlivé podpěrné body vedení, zvláště pokud se týče zatížení větrem a námrazou na tato upevněná zařízení. Návrh a montáž musí respektovat požadavky majitele vedení. Při navrhování těchto telekomunikačních zařízení je nutno použít taková technická řešení a učinit taková opatření, která umožní bezpečný přístup a provádění údržby jak elektrického vedení, tak telekomunikačního zařízení, a která zajistí ochranu osob, provádějících opravu nebo údržbu elektrického vedení i telekomunikačního zařízení, před úrazem elektrickým proudem a ochranu telekomunikačního zařízení a připojených instalací před vlivy elektrického vedení (zkrat, spínací a atmosférická přepětí atd.)

Tato norma se nevztahuje na venkovní elektrická vedení uvnitř uzavřených elektrických provozoven.

## 2 Normativní odkazy, definice a značky

V tomto dokumentu jsou normativní odkazy na následující citované dokumenty (celé nebo jejich části), které jsou nezbytné pro jeho použití. U datovaných citovaných dokumentů se používají pouze datované citované dokumenty. U nedatovaných citovaných dokumentů se používá pouze nejnovější vydání citovaného dokumentu (včetně všech změn).

### 2.1 Normativní odkazy

V tomto dokumentu jsou normativní odkazy na následující dokumenty (celé nebo jejich části), které jsou nezbytné pro jeho použití. U datovaných dokumentů se používají pouze citovaná vydání. U nedatovaných citovaných dokumentů se používá nejnovější vydání citovaného dokumentu (včetně všech změn).

#### Národní zákony, vládní nařízení a jiné závazné právní předpisy

Číslo předpisu	Název
114/1995 Sb.	Zákon o vnitrozemské plavbě
458/2000 Sb.	Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)
1/2008 Sb.	Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením
222/1995 Sb.	Vyhláška Ministerstva dopravy o vodních cestách, plavebním provozu v přístavech, společné havárii a dopravě nebezpečných věcí
641/2009-220-SP/4	Letecký předpis Ministerstva dopravy L14 – Letiště
13/1997 Sb.	Zákon o pozemních komunikacích
104/1997 Sb.	Vyhláška Ministerstva dopravy o pozemních komunikacích
183/2006 Sb.	Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
262/2006 Sb.	Zákoník práce
309/2006 Sb.	Zákon, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci)
591/2006 Sb.	Nařízení vlády o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích
266/1994 Sb.	Zákon o dráhách
272/2011 Sb.	Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
274/2001Sb.	Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu (zákon o vodovodech a kanalizacích)
189/1999 Sb.	Zákon o nouzových zásobách ropy, o řešení stavů ropné nouze a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nouzových zásobách ropy)
FMPE 994/11:1981 FMD 621/1981-SM	Dohoda o postupu při interferenčním ovlivnění zabezpečovacího zařízení celostátních drah zařízeními elektrizační soustavy

POZNÁMKA U výše uvedených právních předpisů platí vždy aktuálně platné znění.

#### Eurokódy:

Číslo normy	Název
ČSN EN 1990:2004	Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1-4:2007	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
ČSN EN 1992-1-1:2006	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1992-3:2010	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny zásobníky



ČSN EN 1993-1-1: 2006	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1993-1-3: 2008	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-3: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily
ČSN EN 1993-1-5: 2008	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn
ČSN EN 1993-1-8: 2006	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků
ČSN EN 1993-1-11: 2008	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-11: Navrhování ocelových tažených prvků
ČSN EN 1993-3-1: 2008	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-1: Stožáry a komíny – Stožáry
ČSN EN 1995-1-1: 2006	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1997-1: 2006	Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
ČSN EN 1997-2: 2008	Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy
ČSN EN 1998-6 : 2007	Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 6: Věže, stožáry a komíny

#### Mezinárodní a evropské normy nezavedené do soustavy ČSN:

Číslo normy	Název
IEC/TR 60575	Thermal-mechanical performance test and mechanical performance test on string insulator units ( <i>Tepelně-mechanická provozní zkouška a mechanická provozní zkouška závěsných izolátorů</i> )
IEC/TR 60797	Residual strength of string insulator units of glass or ceramic material for overhead lines after mechanical damage of the dielectric ( <i>Zbytková pevnost skleněných nebo keramických izolátorů pro venkovní vedení po mechanickém poškození dielektrika</i> )
IEC 60826 ed. 3.0	Design criteria of overhead transmission lines ( <i>Konstrukční kritéria venkovních přenosových vedení</i> )
IEC/TR 61597	Overhead electrical conductors – Calculation methods for stranded bare conductors ( <i>Vodiče venkovního vedení – Metody výpočtů pro holé slané vodiče</i> )

#### Mezinárodní a evropské normy zavedené do soustavy ČSN:

Číslo normy	Název
ČSN IEC 50 (441)	Mezinárodní elektrotechnický slovník – Kapitola 441: Spínací a řídicí zařízení a pojistky
ČSN IEC 50 (466)	Mezinárodní elektrotechnický slovník – Kapitola 466: Venkovní elektrická vedení
ČSN IEC 120	Rozměry spojení paličky a pánvičky součástí izolátorového řetězce
ČSN IEC 372	Závlačky pro spojení paličky a pánvičky součástí izolátorového řetězce. Rozměry a zkoušky
ČSN IEC 383-1	Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1000 V. Část 1: Keramické nebo skleněné izolátory pro soustavy se střídavým napětím. Definice, zkušební metody a přijímací kritéria
ČSN IEC 471	Rozměry spojení vidlice a oka součástí izolátorového řetězce
ČSN IEC 720	Charakteristiky plnojádrových podpěrek pro venkovní vedení

ČSN IEC 724	Pokyn pro teplotní meze při zkratu elektrických kabelů se jmenovitým napětím do 0,6/1,0 kV
ČSN IEC 889	Tvrdé tažené hliníkové dráty pro vodiče nadzemního vedení
ČSN IEC 60050-471	Mezinárodní elektrotechnický slovník – Část 471: Izolátory
ČSN IEC/TS 60479-1	Účinky proudu na člověka a domácí zvířectvo – Část 1: Obecná hlediska
ČSN EN 206	Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN EN 1090-1	Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců
ČSN EN 1090-2	Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce
ČSN EN 12385 (soubor)	Ocelová drátěná lana – Bezpečnost
ČSN EN 13501-1 +A1:2010	Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň
ČSN EN 13501-5 +A1:2010	Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 5: Klasifikace podle výsledků zkoušek střech vystavených vnějšímu požáru
ČSN EN 14229	Konstrukční dřevo – Dřevěné sloupy pro nadzemní vedení
ČSN EN 15280	Hodnocení pravděpodobnosti koroze střídavými proudy na katodově chráněných potrubích uložených v zemi
ČSN EN 50182:2002	Vodiče venkovního elektrického vedení – Lanované vodiče vinuté z koncentrických kruhových drátů
ČSN EN 50183	Dráty ze slitiny Al-Mg-Si pro vodiče venkovních vedení
ČSN EN 50189	Pozinkované ocelové dráty pro vodiče venkovních vedení
ČSN EN 50326	Vodiče venkovního elektrického vedení – Charakteristiky maziv
ČSN EN 50341-1 ed.2:2013	Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV – Část 1: Obecné požadavky – Společné specifikace
ČSN EN 50341-2-19: 2016	Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV – Část 2-19: Národní normativní aspekty (NNA) pro Českou republiku
ČSN EN 50522:2011	Uzemňování elektrických instalací AC nad 1 kV
ČSN EN 60071-1	Koordinace izolace – Část 1: Definice, principy a pravidla
ČSN EN 60071-2: 2000	Elektrotechnické předpisy - Koordinace izolace – Část 2: Pravidla pro použití
ČSN EN 60305	Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1 kV – Keramické nebo skleněné závěsné izolátory pro AC sítě – Charakteristiky talířových izolátorů
ČSN EN 60383-2	Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1000 V. Část 2: Izolátorové řetězce a izolátorové závěsy pro soustavy se střídavým napětím. Definice, zkušební metody a přijímací kritéria
ČSN EN 60433	Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1 kV – Keramické izolátory pro sítě se střídavým napětím – Charakteristiky tyčových závěsných izolátorů
ČSN EN 60437	Zkouška radiového rušení na izolátorech vysokého napětí
ČSN EN 60507	Zkoušky vysokonapěťových keramických a skleněných izolátorů pro střídavé napětí při umělém znečištění
ČSN EN 60652	Zatěžovací zkoušky konstrukcí venkovních vedení
ČSN EN 60794-1-1	Optické kabely – Část 1-1: Kmenová specifikace – Všeobecně
ČSN EN 60794-1-2 ed.2	Optické kabely – Část 1-2: Kmenová specifikace – Základní zkušební postupy optických kabelů

ČSN EN 60794-4: 2006	Optické kabely – Část 4: Dílčí specifikace - Nadzemní optické kabely podél elektrických silových vedení
ČSN EN 60794-4-10	Optické kabely – Část 4-10: Nadzemní optické kabely podél elektrických silových vedení – Rodová specifikace pro OPGW (Zemnicí lana s optickými vlákny)
ČSN EN 60865-1	Zkratové proudy – Výpočet účinků – Část 1: Definice a výpočetní metody
ČSN EN 60909-0	Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 0: Výpočet proudů
ČSN EN 61000-6-3 ed.2	Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 6-3: Kmenové normy – Emise – Prostředí obytné, obchodní a lehkého průmyslu
ČSN EN 61000-6-4 ed.2	Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 6-4: Kmenové normy – Emise – Průmyslové prostředí
ČSN EN 61109	Izolátory pro venkovní vedení – Kompozitní závěsné a kotevní izolátory pro systémy střídavého napětí se jmenovitým napětím vyšším než 1 000 V – Definice, zkušební metody a přijímací kritéria
ČSN EN 61211	Izolátory z keramického materiálu nebo skla pro venkovní vedení se jmenovitým napětím vyšším než 1 000 V – Impulzní průrazné zkoušky ve vzduchu
ČSN EN 61232	Ocelohliníkové dráty pro elektrotechniku
ČSN EN 61284	Venkovní vedení – Požadavky na armatury a jejich zkoušky
ČSN EN 61325	Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1 000 V – Keramické nebo skleněné závěsné izolátory pro stejnosměrné systémy – Definice, zkušební metody a přijímací kritéria
ČSN EN 61395	Vodiče venkovního elektrického vedení – Postup zkoušky tečením u lanovaných vodičů
ČSN EN 61466-1	Kompozitní závěsné izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím vyšším než 1 kV – Část 1: Normalizované třídy pevnosti a koncové armatury
ČSN EN 61466-2	Kompozitní tyčové izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1 kV – Část 2: Rozměry a elektrické charakteristiky
ČSN EN 61467	Izolátory pro venkovní vedení – Izolátorové řetězce a závěsy pro vedení se jmenovitým napětím vyšším než 1 000 V – Zkoušky obloukovým zkratem
ČSN EN 61773	Venkovní vedení – Zkoušení základů podpěrných bodů
ČSN EN 61854	Venkovní vedení – Požadavky a zkoušky pro rozpěrky
ČSN EN 61897	Venkovní vedení – Požadavky a zkoušky tlumičů vibrací způsobených větrem typu Stockbridge
ČSN EN 61936-1	Elektrické instalace nad AC 1 kV – Část 1: Všeobecná pravidla
ČSN EN 61952	Izolátory pro venkovní vedení – Kompozitní podpěrné izolátory pro vedení se jmenovitým střídavým napětím vyšším než 1 000 V – Definice, zkušební metody a přijímací kritéria
ČSN EN 62004	Tepelně odolné dráty ze slitiny hliníku pro vodiče venkovních vedení
ČSN EN 62217	Polymerové izolátory pro venkovní a vnitřní použití se jmenovitým napětím > 1 000 V – Obecné definice, zkušební metody a přijímací kritéria
ČSN EN 62219	Vodiče venkovního elektrického vedení – Vodiče z tvarovaných drátů s koncentrickými slaněnými vrstvami
ČSN EN 62305-3	Ochrana před bleskem – Část 3: Hmotné škody na stavbách a ohrožení života
ČSN EN ISO 2063	Žárové stříkání – Kovové a jiné anorganické povlaky – Zinek, hliník a jejich slitiny
ČSN EN ISO 3834-2	Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů – Část 2: Vyšší požadavky na jakost
ČSN EN ISO 14688-1	Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 1: Pojmenování a popis

ČSN EN ISO 14688-2	Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 2: Zásady pro zařizování
ČSN EN ISO 14713 (soubor)	Zinkové povlaky – Směrnice a doporučení pro ochranu ocelových a litinových konstrukcí proti korozi
ČSN EN ISO 9001	Systémy managementu kvality – Požadavky
ČSN ISO 12494	Zatížení konstrukcí námrazou
ČSN CISPR 18-3	Charakteristiky rušení od venkovních vedení a zařízení vysokého napětí. Část 3: Praktické způsoby pro omezení vzniku vysokofrekvenčního šumu

### České technické normy

Číslo normy	Název
ČSN 330405:1989	Elektrotechnické předpisy. Navrhování venkovní elektrické izolace podle stupně znečištění
ČSN 33 2040	Elektrotechnické předpisy. Ochrana před účinky elektromagnetického pole 50 Hz v pásmu vlivu zařízení elektrizační soustavy
ČSN 33 2160:1993 + Změna Z2:1999	Elektrotechnické předpisy. Předpisy pro ochranu sdělovacích vedení a zařízení před nebezpečnými vlivy trojfázových vedení VN, VVN a ZVN
ČSN 33 2165	Elektrotechnické předpisy. Zásady pro ochranu ocelových izolovaných potrubí uložených v zemi před nebezpečnými vlivy venkovních trojfázových vedení a stanic vvn a zvn
ČSN 330050-601	Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 601: Výroba, přenos a rozvod elektrické energie. Všeobecně
ČSN 330050-604	Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 604: výroba, přenos a rozvod elektrické energie. Provoz
ČSN 65 0208	Dálkovody hořlavých zkapalněných uhlovodíkových plynů
ČSN 73 0810:2009	Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení
ČSN 73 6133:2010	Navrhování a provádění staveb zemního tělesa pozemních komunikací

### Podnikové normy energetiky

Číslo normy	Název
PNE 33 0405-1:2014	Navrhování venkovní elektrické izolace podle stupně znečištění – Část 1: Porcelánové a skleněné izolátory pro sítě se střídavým napětím
PNE 33 0405-2:2015	Navrhování venkovní elektrické izolace podle stupně znečištění – Část 2: Polymerové izolátory pro sítě se střídavým napětím
PNE 33 3301:2016	Elektrická venkovní vedení s napětím nad 1 kV AC do 45 kV, včetně
PNE 33 0000-1	Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribučních soustavách a přenosové soustavě
PNE 33 0000-4	Příklady výpočtů uzemňovacích soustav v distribuční a přenosové soustavě dodavatele elektřiny

### Ostatní publikace

Označení	Název
ANSI/NEMA C29.1	American National Standard for Electrical Power Insulators – Test Methods ( <i>Americká národní norma pro elektrické silové izolátory – Zkušební metody</i> )
ANSI/NEMA C29.2	American National Standard for Insulators – Wet Process Porcelain and Toughened Glass – Suspension Type ( <i>Americká národní norma pro elektrické silové izolátory – Porcelán, zpracováváný za vlhka a tvrzené sklo – Závěsné typy</i> )

TP-76 (aktualizováno v roce 2009)	Technické podmínky – Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace – část A: Zásady geotechnického průzkumu
ČSN 02 4305:1962 +Změna a:1981 (zrušena 1.7.2004)	Ocelová lana pro elektrická vedení
ČSN 73 1001:1988 (zrušena 1.4.2010)	Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy
ČSN 73 3050:1987 (zrušena 1.3.2010)	Zemné práce. Všeobecné ustanovenia
CIGRE TB 601:2014	Technická brožura CIGRE č. 601 “Guide for the thermal rating calculations of overhead lines” ( <i>Návod pro výpočty tepelného dimenzování venkovních vedení</i> )
CIGRE TB 273:2005	Technická brožura CIGRE č. 273 „Overhead conductor safe design tension with respect to Aeolian vibrations“ ( <i>Bezpečný návrhový tah venkovních vodičů s ohledem na větrem buzené vibrace</i> )
CIGRE TB 020:1974	Technická brožura CIGRE č. 20 „Interferences produced by corona effect of electric systems“ ( <i>Rušení působené korónou v elektrických sítích</i> )
CIGRE TB 063:1991	Technická brožura CIGRE č. 63 „Guide to procedures for estimating the lightning performance of transmission lines“ ( <i>Směrnice pro postup při odhadu chování venkovního vedení při atmosférických přepětích</i> )
CIGRE TB 324:2007	Technická brožura CIGRE č. 324 „Sag-tension calculation methods for overhead lines“ ( <i>Metody výpočtů průhyb-tah pro venkovní vedení</i> )
CIGRE TB 387:2009	Technická brožura CIGRE č. 387 „Influence of the Hyperstatic Modeling on the Behavior of Transmission Line Lat-tice Structures“ ( <i>Vliv hyperstatického modelování na chování příhradových konstrukcí venkovních vedení</i> )
CIGRE TB 348:2008	Technická brožura CIGRE č. 348 „Tower Top Geometry and Mid Span Clearances“ ( <i>Geometrie podpěrného bodu a nejkratší vzdálenosti v rozpětí</i> )
IEEE Std. 738-2012	IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors ( <i>Výpočty závislosti proud-teplota pro holé venkovní vodiče</i> )
Power Engineering Review, IEEE Vol: PER-2 Issue 10:1982	Zpráva IEEE Corona and Field Effects Subcommittee „A Comparison of Methods for Calculating Audible Noise of High Voltage Trans-mission Lines“ ( <i>Porovnání metod pro výpočet slyšitelného hluku od přenosových vedení vysoké-ho napětí</i> )
ELECTRA č. 232:2007 Ref. ELT_232_4	Časopis ELECTRA, CIGRE č. 232:2007 „Sag-tension calculation methods for overhead lines“ ( <i>Metody výpočtů průhyb-tah pro venkovní vedení</i> )

## 2.2 Definice

Pro potřeby této normy platí termíny a definice, uvedené v Mezinárodním elektrotechnickém slovníku (IEC 60050) v kapitolách 441 (zavedena v ČSN IEC 50(441)), 466 (zavedena v ČSN IEC 50(466)), 471 (zavedena v ČSN IEC 60050-471), 601 (zavedena v ČSN 330050-601) a 604 (zavedena v ČSN 330050-604), V Eurokó-dech (EN 1990 až EN 1999) a termíny a definice, uvedené níže.

### 2.2.1

#### **zatížení** (*action*)

a) síla (zatížení), působící na (mechanickou) soustavu (přímé zatížení)

POZNÁMKA 1 k heslu Zatížení může být stálé, proměnné nebo mimořádné.

b) vynucené nebo omezené přetvoření nebo vynucené zrychlení, způsobené například změnami teplot, kolísáním vlhkosti, nerovnoměrným sedáním nebo zemětřesením (nepřímé zatížení)

### 2.2.2

#### **mimořádné zatížení** (*accidental action*)

zatížení, působící obvykle krátce a u něhož se významné hodnoty po dobu návrhové životnosti vyskytnou výjimečně

POZNÁMKA 1 k heslu Lze očekávat, že mimořádné zatížení může způsobit v mnoha případech vážné nepříznivé následky, pokud nejsou učiněna zvláštní opatření.

### 2.2.3

#### **antikaskádní stožár** (*anti-cascading tower*)

nosný nebo kotevní stožár, navržený speciálně s vyšší pevností za účelem zabránit kaskádním poruchám a instalovaný se stanovenou frekvencí s cílem omezit poškození a umožnit rychlé obnovení poškozených podpěrných bodů a vodičů

### 2.2.4

#### **vodič pospojování** (*bonding conductor*)

vodič, zajišťující pospojování

### 2.2.5

#### **rámečkové hodnoty** (*box values*)

číselné hodnoty, uvedené v rámečku , jsou dané jako směrné hodnoty

POZNÁMKA 1 k heslu Národní komise mohou stanovit jiné hodnoty.

### 2.2.6

#### **charakteristická odolnost; charakteristická únosnost** (*characteristic resistance*)

hodnota odolnosti (únosnosti), vypočtená s použitím charakteristických hodnot vlastností materiálu; tyto hodnoty lze získat z EN 1992-1-1, EN 1993-1-1 nebo EN 1995-1-1

### 2.2.7

#### **charakteristická hodnota vlastnosti materiálu** (*characteristic value of a material property*)

hodnota vlastnosti materiálu, která nebude překročena se stanovenou pravděpodobností v hypoteticky neomezeném souboru zkoušek; tato hodnota obecně odpovídá danému kvantilu předpokládaného statistického rozdělení sledované vlastnosti materiálu.

POZNÁMKA 1 k heslu V některých případech se jako charakteristická hodnota používá jmenovitá hodnota.

### 2.2.8

#### **charakteristická hodnota zatížení** (*characteristic value of an action*)

základní reprezentativní hodnota zatížení; pokud tato charakteristická hodnota může být stanovena na základě statistických dat, volí se tak, aby odpovídala předepsané pravděpodobnosti, že nebude překročena v nepříznivém smyslu během „referenční doby“, stanovené s přihlédnutím k návrhové životnosti soustavy a trvání návrhové situace

### 2.2.9

#### **nejkratší vzdálenost** (*clearance*)

vzdálenost mezi dvěma vodivými částmi podél neprůtažného vlákna, nataženého nejkratší cestou mezi těmito částmi

[Zdroj: IEV 441-17-31]

### 2.2.10

#### **variační koeficient** (*coefficient of variation*)

poměr směrodatné odchytky ke střední hodnotě

### 2.2.11

#### **kombinace zatížení** (*combination of actions*)

soubor návrhových hodnot zatížení, používaný pro ověření spolehlivosti konstrukce z hlediska mezního stavu při daném zatěžovacím stavu

**2.2.12**

**součinitel pro kombinační hodnotu zatížení; součinitel kombinace pro zatížení** (*combination factor for an action*)

součinitel, používaný pro stanovení kombinační hodnoty zatížení

**2.2.13**

**kombinační hodnota zatížení** (*combination value for an action*)

hodnota, spojená s použitím kombinace zatížení za účelem zohlednění snížené pravděpodobnosti současného výskytu nejnepříznivějších hodnot několika nezávislých zatížení; hodnota se získá vynásobením charakteristické hodnoty zatížení součinitelem pro kombinaci zatížení nebo je ve zvláštních případech určena přímo

**2.2.14**

**složka** (*component*)

jedna z různých hlavních částí venkovního elektrického vedení, která má stanovený účel

POZNÁMKA 1 k heslu Typickými složkami jsou podpěrné body, základy, vodiče, izolátorové závěsy a výbroj.

**2.2.15**

**kompozitní izolátor** (*composite insulator*)

izolátor vyrobený minimálně ze dvou izolačních částí, zejména jádra a pláště vybavený koncovými armaturami

POZNÁMKA 1 k heslu Kompozitní izolátor se může skládat například z jednotlivých stříšek montovaných na jádro s nebo bez mezilehlého povlaku jádra, nebo alternativně z izolačního pláště lisovaného nebo odlévaného v jednom kuse nebo v několika částech přímo na jádro.

**2.2.16**

**vodič (venkovního vedení)** (*conductor (of an overhead line)*)

drát nebo kombinace vzájemně neizolovaných drátů, vhodných pro vedení elektrického proudu

POZNÁMKA 1 k heslu Jeden nebo více společně svinutých drátů z hliníku, slitiny hliníku, mědi, pozinkovaných ocelových drátů nebo ocelových drátů oplátovaných hliníkem nebo jejich kombinace, které společně mají funkci vést elektrický proud.

[ZDROJ: IEV 466-01-15]

**2.2.16.1**

**izolovaný vodič** (*covered conductor*)

vodič obalený pláštěm z izolačního materiálu pro ochranu před náhodným kontaktem s jinými izolovanými vodiči a s uzemněnými částmi

POZNÁMKA 1 k heslu Protože izolovaný vodič je nestíněný, neposkytuje dostatečnou ochranu před dotykem.

**2.2.16.2**

**izolovaný kabelový systém pro venkovní vedení** (*overhead insulated cable system*)

systém, ve kterém je každý vodič obalen pláštěm z izolačního materiálu, který zajišťuje plnou ochranu proti všem svodovým proudům mezi fázemi a uzemněnými částmi

POZNÁMKA 1 k heslu Ve většině případů má každá fázový vodič stíněné jádro.

PŘÍKLAD Příklady takových venkovních izolovaných kabelových systémů: venkovní slané kabely (ABC - Aerial Bundled Conductors), samonosné nebo zavěšené podzemní kabely a „univerzální“ kabelové systémy.

**2.2.17**

**koróna** (*corona*)

svítící výboj, provázející ionizaci vzduchu kolem elektrody, která je způsobena povrchovým gradientem napětí, převyšujícím určitou kritickou hodnotu

POZNÁMKA 1 k heslu Elektrodami mohou být vodiče, výbroj, příslušenství nebo izolátory.

**2.2.18**

**proud do země** (*current to earth*)

proud, tekoucí do země přes impedanci uzemnění

**2.2.19**

**návrhová odolnost; návrhová únosnost** (*design resistance*)

odolnost (únosnost) konstrukce, spojující všechny vlastnosti konstrukce s příslušnými návrhovými hodnotami vlastností materiálu

**2.2.20**

**návrhová situace** (*design situation*)

soubor fyzikálních podmínek, charakteristický pro referenční dobu, pro který se v návrhu prokazuje, že příslušné mezní stavy nejsou překročeny

### 2.2.21

#### **návrhová hodnota vlastnosti materiálu** (*design value of a material property*)

hodnota, získaná vydělením charakteristické hodnoty vlastnosti materiálu dílčím součinitelem vlastnosti materiálu nebo která je ve zvláštních případech určena přímo

### 2.1.22

#### **návrhová hodnota zatížení** (*design value of an action*)

hodnota, získaná vynásobením charakteristické hodnoty zatížení dílčím součinitelem zatížení

### 2.2.23

#### **návrhová životnost** (*design working life*)

předpokládaná doba, po kterou má být konstrukce užívána pro zamýšlený účel při očekávané údržbě, avšak bez nutnosti podstatné opravy

### 2.2.24

#### **dynamické zatížení** (*dynamic action*)

zatížení, které způsobuje významné zrychlení konstrukce nebo konstrukčních prvků

### 2.2.25

#### **zem** (*earth*)

termín pro zem jako místo, právě tak jako pro zem jako vodivou hmotu, například druhy zeminy, humusová půda, písčitohlinitá půda, štěrk a kamenitá půda

### 2.2.26

#### **zemnič** (*earth electrode*)

vodič, který je uložen v zemi a je vodivě spojen se zemí, nebo vodič, uložený v betonu, který je svým značným povrchem ve vodivém styku se zemí (například základový zemnič)

### 2.2.27

#### **zemní spojení** (*earth fault*)

vodivé spojení, způsobené poruchou mezi fázovým vodičem hlavního obvodu a zemí nebo uzemněnou částí; k vodivému spojení může také dojít prostřednictvím oblouku;

POZNÁMKA 1 k heslu Zemní spojení dvou nebo více fázových vodičů téže sítě v různých místech je nazýváno dvojitým nebo vícenásobným zemním spojením.

### 2.2.28

#### **proud zemního spojení** (*earth fault current*)

proud, tekoucí z hlavního obvodu do země nebo uzemněných částí, je-li v místě poruchy (v místě zemního spojení) pouze jedno zemní spojení

### 2.2.29

#### **nárůst potenciálu zemniče** (*earth potential rise*)

napětí mezi uzemňovací soustavou a referenční zemí

### 2.2.30

#### **tyčový zemnič** (*earth rod*)

zemnič, obvykle uložený nebo zaražený ve svislé poloze do větší hloubky; například může sestávat z trubky, kruhové tyče nebo jiného profilového materiálu

### 2.2.31

#### **potenciál povrchu země** (*earth surface potential*)

napětí mezi bodem na povrchu země a referenční zemí

### 2.2.32

#### **uzemnění** (*earthing*)

všechny prostředky a opatření pro zřízení náležitého vodivého spojení se zemí

### 2.2.33

#### **uzemňovací přívod** (*earthing conductor*)

vodič, který spojuje tu část zařízení, která musí být uzemněna se zemničem, ať je uložen v zemině nebo veden mimo ni (zemnicí lano)

### 2.2.34

#### **uzemňovací soustava** (*earthing system*)

lokálně omezená elektrická síť vodivě spojených zemničů nebo uzemňovacích přívodů a vodičů pospojování (nebo kovových částí, které mají stejný účinek, jako jsou například ocelové patky stožárů, armování, kovové pláště kabelů)



**2.2.35****zemnicí lano** (*earth wire*)

vodič, zajišťující určitý stupeň ochrany před úderem blesku, spojený se zemí na některých nebo na všech podpěrných bodech, který je obvykle, ale ne nezbytně, zavěšen nad fázovými vodiči

[ZDROJ: IEV 466-10-25]

POZNÁMKA 1 k heslu Zemnicí lano může také obsahovat kovové dráty pro telekomunikační účely.

**2.2.36****efektivní hodnota intenzity pole** (*effective field strength*)

druhá odmocnina ze součtu čtverců tří efektivních hodnot (r.m.s.) navzájem kolmých složek pole

**2.2.37****účinek zatížení** (*effect of action*)

účinek zatížení na konstrukční prvky, například vnitřní síla, moment, mechanické napětí a přetvoření; návrhová hodnota účinku zatížení je souhrnným účinkem příslušných návrhových hodnot zatížení

**2.2.38****elektrické pole** (*electric field*)

složka elektromagnetického pole, která je charakterizována intenzitou elektrického pole  $E$  spolu s elektrickou indukcí  $D$

(ZDROJ: IEV 121-11-67)

**2.2.39****prvek** (*element*)

jedna z různých částí složky

POZNÁMKA 1 k heslu Například prvky ocelového příhradového stožáru jsou ocelové úhelníky, ploché příložky a šrouby.

**2.2.40****pospojování** (*equipotential bonding*)

vodivé spojení mezi vodivými částmi za účelem snížení rozdílu potenciálů mezi těmito částmi

**2.2.41****vymezená pravděpodobnost proměnné** (*exclusion limit probability of a variable*)

hodnota proměnné, odvozená z distribuční funkce a odpovídající stanovené pravděpodobnosti, že nebude překročena

**2.2.42****nejkratší vnější vzdálenosti** (*external clearances*)

všechny vzdálenosti, které nejsou „vnitřními vzdálenostmi“. Zahrnují vzdálenosti od povrchu země, pozemních komunikací, budov a technických zařízení (jsou-li povoleny národními předpisy) a od předmětů, na nich umístěných

**2.2.43****porucha (konstrukční)** (*failure (structural)*)

stav konstrukce, která přestala plnit svůj účel, tj. jejíž složka selhala nadměrnou deformací, ztrátou stability, překlopením, zhroucením, přetržením, vybočením apod.

**2.2.44****pevné zatížení** (*fixed action*)

zatížení, jehož prostorové rozložení po konstrukci se nemění, takže velikost a směr zatížení v jednom bodu konstrukce jednoznačně určují velikost a směr zatížení pro celou konstrukci

**2.2.45****základový zemnič** (*foundation earth electrode*)

vodič, který je uložen v betonu základu a ten je značnou částí povrchu ve styku se zemí

**2.2.46****volné zatížení** (*free action*)

zatížení, jehož prostorové rozložení po konstrukci může být v určitých mezích libovolné

**2.2.47****hustě osídlené území** (*frequently occupied area*)

území, které je osídleno nebo navštěvováno lidmi tak často, že se musí uvažovat riziko současného zemního spojení (příklady: hřiště, chodníky veřejných cest, blízká okolí obytných budov apod.)

POZNÁMKA 1 k heslu Tato území mají definovat energetické společnosti.

#### 2.2.48

##### **glu-lam dřevěné sloupy** (*glu-lam wood poles*)

zkratka pro lepené lamelové dřevěné sloupy, která jako termín odkazuje na dřevěné sloupy vyrobené z lepených lamel, na rozdíl od přirozeně rostlých dřevěných sloupů

#### 2.2.49

##### **nejvyšší napětí sítě** (*highest system voltage*)

nejvyšší (efektivní) hodnota napětí, která se vyskytuje v jakékoliv době a v jakémkoliv místě venkovního vedení za normálních provozních podmínek a pro kterou musí být venkovní elektrické vedení navrženo

#### 2.2.50

##### **podpovrchový zemnič** (*horizontal earth electrode*)

zemnič, který je obvykle uložen v malé hloubce. Například může být tvořen páskem, kruhovou tyčí nebo slaněným vodičem a může být proveden jako paprskový, kruhový nebo mřížový zemnič nebo jako jejich kombinace

#### 2.2.51

##### **impedance uzemnění uzemňovací soustavy** (*impedance to earth of an earthing system*)

impedance mezi uzemňovací soustavou a referenční zemí

#### 2.2.52

##### **nejkratší vnitřní vzdálenost** (*internal clearance*)

nejkratší vzdálenost mezi fázovými vodiči a uzemněnými částmi, jako jsou ocelové konstrukční prvky a zemnicí lana, a také nejkratší vzdálenost mezi fázovými vodiči.

POZNÁMKA 1 k heslu Sem patří i nejkratší vzdálenosti k dalším systémům na stejném podpěrném bodu.

#### 2.2.53

##### **mezí stav (konstrukce)** (*limit state (structural)*)

stav, při jehož překročení konstrukce přestává plnit návrhové požadavky

#### 2.2.54

##### **uspořádání zatížení** (*load arrangement*)

určení umístění, velikosti a směru působení volného zatížení

#### 2.2.55

##### **zatěžovací stav** (*load case*)

slučitelná uspořádání zatížení, souborů deformací a imperfekcí, která se při jednotlivém ověření uvažují současně, s definovanými proměnnými a stálými zatíženími

#### 2.2.56

##### **magnetické pole** (*magnetic field*)

složka elektromagnetického pole, která je charakterizována intenzitou magnetického pole  $H$  spolu s magnetickou indukcí  $B$

[ZDROJ: IEV 121-11-69]

#### 2.2.57

##### **magnetická indukce** (*magnetic flux density*)

hustota magnetického pole (též magnetická indukce) je síla, působící na elektrický náboj, který se pohybuje v magnetickém poli; vyjadřuje se v jednotkách tesla (T).

POZNÁMKA 1 k heslu Jeden tesla se rovná  $1 \text{ Vs/m}^2$  nebo 1 weber na čtvereční metr ( $\text{Wb/m}^2$ ).

#### 2.2.58

##### **údržba** (*maintenance*)

úplný soubor činností, prováděných v průběhu návrhové životnosti soustavy tak, aby soustava plnila svůj účel

#### 2.2.59

##### **jmenovité napětí sítě** (*nominal system voltage*)

napětí, kterým je venkovní elektrické vedení označeno a k němuž se vztahují určité provozní charakteristiky

#### 2.2.60

##### **vodič s optickými vlákny (OPCON)** (*optical conductor (OPCON)*)

vodič, obsahující optická telekomunikační vlákna

#### 2.2.61

##### **zemnicí lano s optickými vlákny (OPGW)** (*optical groundwire (OPGW)*)

vodič s optickými vlákny, používaný výhradně jako zemnicí lano

POZNÁMKA 1 k heslu Vodič se může skládat ze slaněných prvků nebo z trubiček nebo může být z jejich kombinací.

**2.2.62****dílčí součinitel zatížení** (*partial factor for an action*)

součinitel, závislý na zvolené úrovni spolehlivosti, zohledňující možné nepříznivé odchylky od charakteristické hodnoty zatížení, možné nepřesnosti modelu zatížení a nejistoty v určení účinků zatížení

**2.2.63****dílčí součinitel vlastnosti materiálu; dílčí součinitel materiálu** (*partial factor for a material property*)

součinitel, pokrývající nepříznivé odchylky od charakteristické hodnoty vlastnosti materiálu, nepřesnosti použitých převodních součinitelů a nejistoty v geometrických vlastnostech a v modelu odolnosti

**2.2.64****stálé zatížení** (*permanent action*)

zatížení, které zpravidla působí po celou dobu trvání uvažované návrhové situace a jehož velikost má zanedbatelnou proměnlivost vzhledem ke střední hodnotě, nebo se mění pouze v jednom smyslu (monotónně), než dosáhne určité mezní hodnoty

**2.2.65****řízení rozložení potenciálu** (*potential grading*)

ovlivňování potenciálu země, zvláště potenciálu povrchu země prostřednictvím zemničů

**2.2.66****zemnič pro řízení rozložení potenciálu** (*potential grading earth electrode*)

vodič, který je svým tvarem a uspořádáním určen zejména pro řízení rozložení potenciálu spíše než pro dosažení určitého odporu uzemnění zemniče

**2.2.67****projektová specifikace** (*project specification*)

dokument, předaný zákazníkem zhotoviteli, obsahující potřebné podrobnosti o všech požadavcích na materiály, návrh, výrobu a montáž pro konkrétní soustavu nebo složku vedení; projektová specifikace může doplňovat požadavky normy, ale nesmí zmírnit její technologické požadavky a nesmí nahrazovat minimální požadavky, stanovené touto normou; měla by být pro každý projekt omezena na minimum, tj. na skutečně jedinečné nebo specifické podrobnosti

**2.2.68****účel** (*purpose*)

funkce soustavy (venkovního elektrického vedení), tj. přenášet elektrickou energii mezi jejími oběma konci, nebo funkce části soustavy

**2.2.69****kvazistatické zatížení** (*quasi-static action*)

dynamické zatížení, které může být popsáno statickými modely, ve kterých jsou dynamické účinky zahrnuty

**2.2.70****rádiové rušení** (*radio interference*)

jakékoliv působení na příjem rádiového signálu prostřednictvím nechtěného rušení v rádiovém kmitočtovém rozsahu; rádiové rušení se týká především systémů s amplitudovou modulací (amplitudově modulovaných (AM) rádiových a televizních obrazových signálů), jelikož další formy modulace, jako kmitočtová modulace (FM), používaná pro rádiové vysílání na velmi vysokých kmitočtech (VHF) a pro televizní zvukové signály, jsou všeobecně mnohem méně ovlivňovány rušením, které vyzařuje z venkovních vedení

**2.2.71****redukční činitel trojfázového vedení** (*reduction factor of a three phase line*)

poměr,  $r$ , proudu zemního spojení (nebo zpětného proudu zemí) k součtu nulových složek proudů ve fázových vodičích hlavního obvodu

**2.2.72****referenční zem** (*reference earth (remote earth)*)

ty části země, které jsou mimo prostor vlivu zemniče nebo uzemňovací soustavy, kde mezi jakýmkoliv dvěma body nevzniká patrné napětí při průchodu proudu do země

**2.2.73****referenční doba** (*reference period*)

doba, stanovená s přihlédnutím k návrhové životnosti soustavy nebo jednoho jejího prvku a/nebo s přihlédnutím k charakteristické hodnotě zatížení

**2.2.74****spolehlivost (elektrická)** (*reliability (electrical)*)

schopnost soustavy plnit svou funkci dodávat elektřinu za daných podmínek po určenou dobu

### 2.2.75

#### **spolehlivost (konstrukční)** (*reliability (structural)*)

pravděpodobnost, že soustava plní svůj účel za daných podmínek v průběhu referenční doby; spolehlivost je tudíž určitým měřítkem úspěchu soustavy v plnění svého účelu

### 2.2.76

#### **odolnost; únosnost (konstrukční)** (*resistance (structural)*)

mechanická vlastnost složky, průřezu nebo prvku konstrukce, například únosnost v ohybu, vzpěrná únosnost; odolnost (únosnost) je schopnost odolávat zhroucení nebo jiné formě konstrukční poruchy, která může ohrozit bezpečnost osob nebo mít škodlivý účinek na fungování soustavy

POZNÁMKA 1 k heslu Je třeba uvažovat odolnost vůči následujícím vlivům: - ztrátě rovnováhy konstrukce nebo jakékoliv její části, uvažované jako tuhé těleso, - poruše nadměrnou deformací, přetržením nebo ztrátou stability konstrukce nebo jakékoliv její části, včetně podpěrných bodů a základů.

### 2.2.77

#### **odpor uzemnění zemniče** (*resistance to earth of an earth electrode*)

elektrický odpor země mezi zemničem a referenční zemí; v praxi je to činný odpor

### 2.2.78

#### **doba návratu** (*return period*)

střední interval mezi po sobě jdoucími opakováními klimatického zatížení alespoň o stanovené velikosti

POZNÁMKA 1 k heslu Převrácená hodnota doby návratu udává pravděpodobnost, že stanovená velikost zatížení bude během jednoho roku překročena.

### 2.2.79

#### **bezpečnost** (*safety*)

schopnost soustavy nezapříčinit zranění nebo smrt osob v průběhu její stavby, provozu a údržby

### 2.2.80

#### **zabezpečení** (*security*)

schopnost soustavy odolat celkovému zhroucení (lavinovému efektu), jestliže porucha začne v určité složce; ta může být způsobena elektrickými nebo konstrukčními faktory

### 2.2.81

#### **mezní stav použitelnosti** (*serviceability limit state*)

stav, při jehož překročení již nejsou splněna stanovená provozní kritéria pro konstrukci nebo konstrukční prvek

### 2.2.82

#### **rezistivita půdy** (*soil resistivity*)

měrný elektrický odpor země

### 2.2.83

#### **přeskok** (*sparkover*)

průrazný výboj v plynném dielektriku

### 2.2.84

#### **statické zatížení** (*static action*)

zatížení, které nevyvolává významné zrychlení konstrukce nebo konstrukčních prvků

### 2.2.85

#### **krokové napětí** (*step voltage*)

ta část zvýšení potenciálu země, kterou může překlenout osoba s délkou kroku 1 m, tj. protéká-li proud lidským tělem od jedné nohy k druhé noze

### 2.2.86

#### **pevnost** (*strength*)

mechanická vlastnost materiálu, udávaná obvykle v jednotkách pro mechanické napětí

### 2.2.87

#### **konstrukce** (*structure*)

uspořádaná sestava navzájem spojených prvků, navržená tak, aby měla jistou míru tuhosti

### 2.2.88

#### **podpěrný bod** (*support*)

všeobecný termín pro různé typy konstrukcí, které nesou vodiče venkovního elektrického vedení

### 2.2.89

#### **rohový podpěrný bod** (*support, angle*)

nosný nebo kotevní podpěrný bod použitý v lomovém bodu trasy vedení

**2.2.90****výztužný podpěrný bod** (*support, section*)

kotevní podpěrný bod, na kterém je nebo není lomový bod trasy vedení, sloužící navíc jako pevný bod ve vedení

**2.2.91****nosný podpěrný bod** (*support, suspension*)

podpěrný bod, vybavený nosnými izolátorovými závěsy

**2.2.92****podpěrný bod v přímé trase** (*support, tangent*)

nosný nebo kotevní podpěrný bod použitý v přímé trase

**2.2.93****kotevní podpěrný bod** (*support, tension*)

podpěrný bod, vybavený kotevními izolátorovými závěsy

**2.2.94****koncový podpěrný bod** (*support, terminal (dead-end)*)

kotevní podpěrný bod, schopný zachytit celkový tah vodičů v jednom směru

**2.2.95****soustava (mechanická)** (*system (mechanical)*)

soubor vzájemně propojených složek, dohromady tvořících elektrické venkovní vedení

**2.2.96****síť (elektrická)** (*system (electrical)*)

všechna jednotlivá zařízení, která se ve vzájemné vazbě používají pro výrobu, přenos a rozvod elektrické energie

**2.2.97****síť IT** (*system with isolated neutral*)

síť (elektrická), ve které středy transformátorů, generátorů a uzemňovacích transformátorů nejsou úmyslně spojeny se zemí, kromě spojení přes vysokou impedanci za účelem signalizace, měření nebo ochrany

**2.2.98****síť se středem uzemněným přes malou impedanci** (*system with low-impedance neutral earthing*)

síť (elektrická), ve které je nejméně jeden střed transformátoru, uzemňovacího transformátoru nebo generátoru uzemněn přímo nebo přes impedanci, navrženou tak, aby velikost proudu zemního spojení při zemním spojení v jakémkoli místě sítě vedla ke spolehlivému automatickému vypnutí

**2.2.99****síť se středem nebo fází uzemněnými přes malou impedanci** (*system with low-impedance neutral or phase earthing*)

síť (elektrická) s izolovaným středem (síť IT) nebo kompenzovaná, ve které v případě, že zemní spojení samo nezanikne, je střední nebo fázový vodič hlavního systému uzemněn přímo nebo přes malou impedanci několik sekund po výskytu zemního spojení

**2.2.100****kompenzovaná síť** (*system with resonant earthing*)

síť (elektrická), ve které je nejméně jeden střed transformátoru nebo uzemňovacího transformátoru uzemněn přes zhasací tlumivku a ve které je společná induktance všech tlumivek v podstatě vyladěna na kapacitanci sítě k zemi pro provozní kmitočet

**2.2.101****rušení televizního signálu** (*television interference*)

zvláštní případ rádiového rušení pro rušivé vlivy, působící na kmitočtový rozsah televizního vysílání.

**2.2.102****dočasné vedení** (*temporary line*)

vedení, které je zřízeno na krátkou dobu, ne déle než jeden rok

POZNÁMKA 1 k heslu Dočasné linky mohou mít funkci nouzových systémů při obnově zásobování.

**2.2.103****dotykové napětí** (*touch voltage*)

ta část zvýšení potenciálu země, kterou lidské tělo překlene mezi rukou a chodidlem (ve vodorovné vzdálenosti 1 m od nechráněné části)

#### 2.2.104

##### **zavlečený potenciál** (*transferred potential*)

zvýšení potenciálu uzemňovací soustavy, způsobené proudem, tekoucím do země, přenesené připojeným vodičem (například kovovým pláštěm kabelu, potrubím, kolejnicí) do míst s nízkým nebo nulovým zvýšením potenciálu k referenční zemi

#### 2.2.105

##### **mezní stav únosnosti** (*ultimate limit state*)

stav, související se zhroutením nebo s jinými formami konstrukční poruchy, které mohou ohrozit bezpečnost osob

POZNÁMKA 1 k heslu Odpovídá všeobecně nejvyšší odolnosti konstrukce nebo konstrukčního prvku vůči zatížení.

#### 2.2.106

##### **provozní neschopnost** (*unavailability*)

neschopnost soustavy plnit svůj účel; provozní neschopnost venkovního elektrického vedení vyplývá z konstrukční poruchy nebo z nedostatečné elektrické spolehlivosti a též z důvodů poruchy, způsobené jinými nepředvídatelnými událostmi, jako jsou sesuvy půdy, náraz objektů, sabotáž, vady materiálu apod.

#### 2.2.107

##### **nespolehlivost (konstrukční)** (*unreliability (structural)*)

doplněk ke spolehlivosti konstrukce nebo též pravděpodobnost (konstrukční) poruchy

#### 2.2.108

##### **proměnné zatížení** (*variable action*)

zatížení, které zpravidla nepůsobí po celou dobu trvání uvažované návrhové situace nebo jehož velikost není s časem ani zanedbatelně proměnlivá ve vztahu ke střední hodnotě, ani se monotónně nemění

#### 2.2.109

##### **rozdíl napětí** (*voltage difference*)

rozdíl napětí, působící jako zdroj napětí s omezenou hodnotou v dotýkaném obvodu, která zaručuje bezpečnost osoby, používající známé doplňkové odpory (například boty nebo izolační koberec na stanovišti)

#### 2.2.110

##### **rozpětí** (*span*)

část vedení mezi dvěma sousedními závěsnými body vodiče

POZNÁMKA Tato definice se zařazuje z toho důvodu, že v Mezinárodním elektrotechnickém slovníku ČSN IEC 50(466) je po anglický výraz „span“ použit v českém jazyce jiný termín („pole“).

#### 2.2.111

##### **nadzemní telekomunikační vedení**

drátové nebo kabelové vedení a telekomunikační zařízení postavené nad zemí a vně budov sloužící pro přenos informací prostřednictvím elektromagnetických vln

#### 2.2.112

##### **vodič na bázi hliníku**

holý vodič z drátů kruhového nebo nekruhového průřezu, soustředně slaněných ve vrstvách se střídavým směrem stáčení, s mazadlem nebo bez mazadla, vyrobený z materiálu nebo z různých materiálů podle jedné z následujících možností

- hliníkové dráty;
- dráty ze slitiny hliníku;
- kombinace hliníkových drátů a drátů ze slitiny hliníku;
- kombinace hliníkových drátů a ocelových pozinkovaných drátů;
- kombinace hliníkových drátů a ocelových drátů oplátovaných hliníkovou vrstvou;
- kombinace drátů ze slitiny hliníku a ocelových pozinkovaných drátů;
- kombinace drátů ze slitiny hliníku a ocelových drátů oplátovaných hliníkovou vrstvou.

#### 2.2.113

##### **vodič na bázi oceli**

holý vodič z drátů kruhového nebo nekruhového průřezu, soustředně slaněných ve vrstvách se střídavým směrem stáčení, s mazadlem nebo bez mazadla, vyrobený z materiálu nebo z různých materiálů podle jedné z následujících možností

- ocelové pozinkované dráty
- ocelové dráty oplátované hliníkovou vrstvou

### 2.3 Seznam značek

Značka	Název a popis značky	Odkaz na článek normy
<b>A</b>	Mimořádné zatížení	3.4.2
<b>A<sub>K</sub></b>	Charakteristický zbytkový tah vodiče	4.8.4
<b>A<sub>ins</sub></b>	Promítnutá plocha izolátorového závěsu	4.4.2
<b>A<sub>pol</sub></b>	Promítnutá plocha sloupu	4.4.4
<b>A<sub>t</sub></b>	Účinná plocha prvků čelní stěny panelu stožáru	4.4.3.2
<b>A<sub>tc</sub></b>	Účinná plocha prvků čelní stěny příhradové konzoly	4.4.3.2
<b>A<sub>tn</sub></b>	Účinná plocha prvků čelní stěny <i>n</i> panelu příhradového stožáru	4.4.3.2
<b>A<sub>x</sub></b>	Průmět složky vedení do roviny kolmé na směr větru	4.3.5
<b>A'</b>	Návrhová efektivní plocha základu	8.2.2.2
<b>a</b>	Vzdálenost mezi dvěma sloupy v polovině výšky konstrukce	4.4.4
<b>a<sub>som</sub></b>	Minimální přeskoková vzdálenost mezi živými a uzemněnými částmi	5.9.1.5
<b>B<sup>2</sup></b>	Součinitel odezvy pozadí	4.4.1.2
<b>B<sub>l</sub></b>	Redukční součinitel pro rychlost větru při námraze	4.6.6
<b>b</b>	Návrhové hodnoty součinitelů sklonu základové spáry s indexy <i>c</i> , <i>q</i> a <i>γ</i>	8.2.2.2
<b>b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub></b>	Šířka panelu příhradového stožáru	4.4.3.2
<b>b</b>	Šířka většího ramene úhelníku	7.3.6.2
<b>b<sub>emp</sub></b>	Minimální nejkratší vzdálenost mezi vodiči v rozpětí, stanovená podle empirického vzorce	5.8.4
<b>b<sub>x</sub></b>	Šířka základu	8.2.2.3
<b>b<sub>x</sub>'</b>	Efektivní šířka základu	8.2.2.2
<b>b<sub>y</sub></b>	Délka základu	8.2.2.3
<b>b<sub>y</sub>'</b>	Efektivní délka základu	8.2.2.2
<b>C<sub>ic</sub></b>	Součinitel aerodynamického odporu pro vodiče pokryté námrazou	4.6.2
<b>C<sub>T</sub></b>	Převodní součinitel pro rychlost větru nebo zatížení námrazou	3.2.2
<b>C<sub>c</sub></b>	Součinitel aerodynamického odporu pro vodiče	4.4.1.1
<b>C<sub>ins</sub></b>	Součinitel aerodynamického odporu pro izolátorové závěsy	4.4.2
<b>C<sub>n</sub></b>	Délka tětivy (přímé spojnice závěsných bodů vodiče) rozpětí <i>n</i> kotevního úseku	4.12.1
<b>C<sub>pol</sub></b>	Součinitel aerodynamického odporu pro sloupy	4.4.4
<b>C<sub>tc</sub></b>	Součinitel aerodynamického odporu pro příhradové konzoly pro vítr kolmo na čelní stěnu konzoly	4.4.3.2
<b>C<sub>tn</sub></b>	Součinitel aerodynamického odporu pro čelní stěnu <i>n</i> panelu příhradového stožáru	4.4.3.2
<b>C<sub>x</sub></b>	Součinitel aerodynamického odporu (nebo součinitel síly) pro jakoukoliv složku vedení	4.3.5

<b><math>c'</math></b>	Efektivní soudržnost	8.2.2.2
<b><math>C_{dir}</math></b>	Součinitel směru větru	4.3.2
<b><math>C_u</math></b>	Totální soudržnost	8.2.2.2
<b><math>C_{emp}</math></b>	Konstanta v empirickém vztahu pro nejmenší vzdálenost mezi vodiči v rozpětí	5.8.4
<b><math>C_o</math></b>	Součinitel orografie	4.3.2
<b><math>C_{season}</math></b>	Součinitel ročního období	3.2.2
<b><math>D</math></b>	Ekvivalentní průměr vodiče pokrytého námrazou	4.6.4
<b><math>D</math></b>	Hloubka základové spáry pod povrchem terénu	8.2.2.3
<b><math>D_{el}</math></b>	Nejmenší vzdálenost, která je požadována pro zamezení průrazného výboje mezi vodiči a objekty spojenými s potenciálem země při přepětí s rychlým nebo s pomalým čelem	5.5.1
<b><math>D_{el1}</math></b>	Nejmenší vzdálenost, požadovaná pro zamezení průrazného výboje mezi fázovým vodičem a vnějším objektem s potenciálem země při přepětí s rychlým nebo s pomalým čelem (vnější vzdálenost)	5.5.1
<b><math>D_{el2}</math></b>	Nejmenší vzdálenost, požadovaná pro zamezení průrazného výboje mezi fázovým vodičem a konstrukcí podpěrného bodu při přepětí s rychlým nebo s pomalým čelem (vnitřní vzdálenost)	5.5.1
<b><math>D_{el3}</math></b>	Nejmenší vzdálenost, požadovaná pro zamezení průrazného výboje mezi fázovým vodičem v okně stožáru a konstrukcí podpěrného bodu při přepětí s rychlým nebo s pomalým čelem (vnitřní vzdálenost)	5.5.1
<b><math>D_{el4}</math></b>	Nejmenší vzdálenost, požadovaná pro zamezení průrazného výboje mezi fázovým vodičem a zemnicím lanem při přepětí s rychlým nebo s pomalým čelem (vnitřní vzdálenost)	5.5.1
<b><math>D_{pp}</math></b>	Nejmenší vzdálenost, požadovaná pro zamezení průrazného výboje mezi fázovými vodiči během přepětí s rychlým nebo s pomalým čelem	5.5.1
<b><math>D_{tr}</math></b>	Vodorovná vzdálenost kmene stromu od nejméně ohroženého vodiče	5.9.3
<b><math>D_{50Hz\_p\_e}</math></b>	Nejmenší vzdálenost, požadovaná pro zamezení průrazného výboje při síťovém kmitočtu mezi fázovým vodičem a objekty, spojenými s potenciálem země	5.5.1
<b><math>D_{50Hz\_p\_p}</math></b>	Nejmenší vzdálenost, požadovaná pro zamezení průrazného výboje při síťovém kmitočtu mezi fázovými vodiči	5.5.1
<b><math>d</math></b>	Průměr vodiče	4.4.1.1
<b><math>d</math></b>	Minimální nejkratší délka vzduchové mezery k zajištění požadovaného výdržného napětí	5.3.1
<b><math>d_m</math></b>	Průměrná hodnota středních průměrů dvou samostatných sloupů	4.4.4
<b><math>E</math></b>	Intenzita elektrického pole	2.2.3.8
<b><math>E_d</math></b>	Celková návrhová hodnota účinku zatížení	3.7.2
<b><math>E_{def}</math></b>	Deformační modul přetvárnosti	8.2.2.4
<b><math>E_{oed}</math></b>	Edometrický modul přetvárnosti	8.2.2.4
<b><math>e</math></b>	Excentricita výsledného zatížení s indexy x a y	8.2.2.2
<b><math>F</math></b>	Zatížení (síla nebo vynucené přetvoření)	3.4.1
<b><math>F_K</math></b>	Charakteristická hodnota zatížení	3.5.1.1
<b><math>F_{R, d}</math></b>	Návrhové zatížení pro mezní stav únosnosti	7.3.9



$F_d$	Návrhová hodnota zatížení	3.6.2
$F_{d,g}$	Návrhová únosnost kotevní sestavy	7.7.4.1
$F_{ke,g}$	Redukovaná charakteristická únosnost kotevního lana	7.7.4.1
$F_{k,g}$	Charakteristická únosnost kotevního lana	7.7.4.1
$F_{test, R}$	Minimální zkušební zatížení	7.3.9
$f$	Průhyb vodiče za specifikovaných podmínek	5.8.4
$f_r$	Průhyb vodiče ve vodorovné vzdálenosti $r$ od závěsného bodu izolátorového závěsu	5.8.4
$f_y$	Mez kluzu	7.3.6.2
$G$	Stálé zatížení	3.4.2
$G_K$	Charakteristická hodnota stálého zatížení	3.5.1.2
$G_c$	Součinitel konstrukce pro vodiče nebo součinitel rozpětí	4.4.1.1
$G_c$	Celková tíha základu	8.2.2.3
$G_{ins}$	Součinitel konstrukce pro izolátorové závěsy	4.4.2
$G_{pol}$	Součinitel konstrukce pro sloupy	4.4.4
$G_t$	Součinitel konstrukce pro příhradové stožáry	4.4.3.2
$G_{tc}$	Součinitel konstrukce pro příhradové konzoly	4.4.3.2
$G_x$	Součinitel konstrukce pro jakoukoliv složku vedení	4.3.5
$g_c$	Tíha vodiče na 1 m délky	5.8.5
$H$	Referenční nadmořská výška pro stanovení hustoty vzduchu	4.3.3
$H$	Intenzita magnetického pole	2.2.56
$H$	Celková délka betonového sloupu	7.6.5
$H$	Vodorovné zatížení	8.2.2.2
$H_{tr}$	Výška stromu	5.9.3
$h$	Referenční výška nad zemí	4.3.2
$h$	Šířka menšího ramene úhelníku	7.3.6.2
$h_{c\_tr}$	Výška nejvíce ohroženého vodiče nad úrovní paty stromu	5.9.3
$h_i$	Mocnost $i$ -té vrstvy	8.2.2.4
$h_{pc}$	Střední výška závěsných bodů (izolátorových závěsů) jednotlivých fázových vodičů daného systému na podpěrném bodu	4.4.1.1
$I$	Zatížení námrazou na jednotku délky vodiče	4.5.2
$I_{R50}$	Extrémní referenční zatížení námrazou na jednotku délky vodiče ve výšce 10 m nad zemí s dobou návratu $T = 50$ let	4.5.1.4
$I_r$	Zatížení námrazou na jednotku délky vodiče s dobou návratu $T$	3.2.2
$I_v$	Intenzita turbulence	4.3.4
$I_3$	Jmenovité zatížení námrazou (nebo zatížení námrazou s vysokou pravděpodobností) na jednotku délky vodiče s dobou návratu 3 roky	4.6.1
$I_{50}$	Extrémní zatížení námrazou na jednotku délky vodiče s dobou návratu 50 let	3.2.2
$i$	Součinitele šikmosti zatížení s indexy $c$ pro soudržnost, $q$ pro zatížení povrchu, $\gamma$ pro objemovou tíhu zeminy	8.2.2.2

$K_e$	Redukční součinitel pro únosnost kotevní sestavy	7.7.4.1
$K_g$	Činitel jiskřiště	5.5.2
$K_h$	Součinitel výšky pro zatížení námrazou	4.5.1.4
$K_{IC}$	Součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou	4.5.1.4
$k_a$	Atmosférický činitel	5.5.2
$k_{emp}, k_{emp,r}$	Součinitel, závislý na tíze a průměru vodiče a vzájemné poloze dvou vodičů	5.8.4
$k_p$	Součinitel maximální hodnoty	4.4.1.2
$k_r$	Součinitel terénu	4.3.2
$k_\sigma$	Součinitel kritického napětí	7.3.6.2
$L$	Měřítka délky turbulence	4.4.1.2
$L$	Délka nohy stožáru	7.7.4.3
$L_{ins}$	Svislá délka té části izolátorového závěsu, která se může volně vychylovat ve směru kolmém na trasu vedení	5.8.4
$L_{ins,r}$	Ekvivalentní svislá délka izolátorového závěsu, vypočtená z délek izolátorových závěsů na sousedních podpěrných bodech	5.8.5
$L_R$	Střední (ideální) rozpětí	4.12.1
$L_m$	Střední hodnota délek dvou sousedních rozpětí	4.4.1.2
$L_n$	Délka n-tého rozpětí	4.4.1.1
$L_{wn}$	Váhová délka z rozpětí n (příspěvek váhového rozpětí z rozpětí n)	4.5.2
$m$	Exponent ve vzorcích pro součinitele šikmosti	8.2.2.2
$m_i$	Opravný součinitel přetížení pro i-tou vrstvu	8.2.2.4
$m_{ins}$	Hmotnost izolátorového závěsu	5.8.6
$N$	Svislé zatížení	8.2.2.1
$N$	Součinitele únosnosti s indexy pro $c$ , $q$ , a $\gamma$	8.2.2.1
$N_d$	Návrhová svislá síla	8.2.2.3
$n$	Číslo (označení) proměnné nebo počet proměnných	3.7.3.1
$Q$	Proměnné zatížení	3.4.2
$Q_i$	Svislé zatížení námrazou na podpěrný bod od každého dílčího vodiče	4.5.2
$Q_K$	Charakteristická hodnota proměnného zatížení	3.5.1.3
$Q_P$	Montážní a údržbové zatížení	4.9.1
$Q_{Wic}$	Síla větru na vodič pokrytý námrazou	4.6.5
$Q_{WK}$	Charakteristická hodnota zatížení větrem	4.6.1
$Q_{WT}$	Zatížení větrem s dobou návratu $T$ a 10minutovou střední rychlost větru ke stanovení nejkratších vzdušných vzdáleností	4.3.5
$Q_{Wc}$	Síla větru na vodič	4.4.1.1
$Q_{Wins}$	Síla větru na izolátorový závěs	4.4.2
$Q_{Wpol}$	Síla větru na sloup	4.4.4
$Q_{Wt}$	Síla větru na panel příhradového stožáru	4.4.3.2
$Q_{Wtc}$	Síla větru na příhradovou konzolu	4.4.3.2
$Q_{Wx}$	Síla větru na jakoukoliv složku vedení	4.3.5

$Q_{W3}$	Jmenovité zatížení větrem s 10minutovou střední rychlostí a s referenční dobou návratu 3 roky k určení nejkratších vzdušných vzdáleností	4.3.5
$Q_{W50}$	Extrémní zatížení větrem s 10minutovou střední rychlostí a s referenční dobou návratu 50 let k určení nejkratších vzdušných vzdáleností	4.3.5
$Q_n$	n-té proměnné zatížení	3.7.3.1
$Q_{nK}$	Charakteristická hodnota n-tého proměnného zatížení	3.7.3.2
$Q_1$	Hlavní proměnné zatížení	3.7.3.1
$q$	Tlak nadloží nebo zatížení v úrovni základové spáry	8.2.2.2
$q_{lh}$	Střední tlak větru při námraze v referenční výšce h nad zemí	4.6.3
$q_{lp}$	Maximální tlak větru při námraze v referenční výšce h nad zemí	4.6.3
$q_h$	Střední tlak větru v referenční výšce h nad zemí	4.3.3
$q_p$	Maximální tlak větru v referenční výšce h nad zemí	4.3.4
$q'$	Návrhový efektivní tlak nadloží v úrovni základové spáry	8.2.2.2
$R_a$	Doplňkový elektrický odpor	6.4.2
$R_b$	Četnost zpětných přeskoků	5.4.5
$R_d$	Návrhová odolnost (únosnost) konstrukce	3.7.2
$R_{sf}$	Četnost přeskoků při selhání stínění	5.4.5
$R^2$	Součinitel rezonanční části odezvy	4.4.1.2
$Re$	Reynoldsovo číslo	4.4.1.3
$r$	Redukční činitel třífázového vedení	2.2.7.2
$r$	Vodorovná vzdálenost mezi závěsným bodem kratšího izolátorového závěsu a místem v rozpětí, kde se kontroluje vzdálenost mezi vodiči	5.8.5
$s$	Celkové sedání	8.2.2.3
$s$	Součinitele tvaru základu s indexy pro c, q, a $\gamma$	8.2.2.2
$T$	Redukční činitel třífázového vedení	3.2.2
$T_n$	Doba návratu n-tého proměnného zatížení	3.7.3.1
$T_1$	Doba návratu pro hlavní proměnné zatížení	3.7.3.1
$t$	Tloušťka ramene úhelníku	7.3.6.2
$t_F$	Doba trvání poruchového proudu	6.4.2
$t_i$	Tloušťka námrazy na vodiči o průměru 30 mm v příslušné kombinaci zatížení	4.6.2
$U_D$	Rozdíl napětí, působící jako zdroj napětí v dotýkaném obvodu s omezenou hodnotou, která zaručuje bezpečnost osoby, používající známé doplňkové odpory (například boty nebo izolační koberec)	6.4.2
$U_E$	Nárůst potenciálu zemniče	6.4.3
$U_T$	Dotykové napětí	6.4.3
$U_{Tp}$	Dovolené dotykové napětí, tj. napětí překlenované lidským tělem	6.4.3
$U_{cw}$	Koordináčnické výdržné napětí	5.3.1
$U_m$	Nejvyšší napětí pro zařízení	5.4.2
$U_n$	Jmenovité napětí sítě	5.4.2
$U_{rp}$	Reprezentativní napětí	5.3.1
$U_{rw}$	Požadované výdržné napětí	5.3.1

$U_{rwLI}$	Požadované výdržné napětí při atmosférickém impulzu	5.3.2
$U_{rwSI}$	Požadované výdržné napětí při spínacím impulzu	5.3.2
$U_{rw50Hz}$	Požadované výdržné střídavé napětí síťového kmitočtu	5.3.2
$U_s$	Nejvyšší napětí sítě	5.4.2
$V_{IH}$	Rychlost větru s vysokou pravděpodobností při námraze	4.6.1
$V_{IL}$	Rychlost větru s nízkou pravděpodobností při námraze	4.6.1
$V_{Ih}$	Střední rychlost větru při námraze v referenční výšce $h$ nad zemí	4.6.3
$V_T$	Rychlost větru s dobou návratu $T$	3.2.2
$V_{b,0}$	Základní rychlost větru	4.3.1
$V_h$	Střední rychlost větru v referenční výšce $h$ nad zemí	4.3.2
$V_3$	Jmenovitá rychlost větru s dobou návratu 3 roky	4.3.5
$V_{50}$	Extrémní střední rychlost větru s referenční dobou návratu 50 let v referenční výšce $h$ nad zemí	3.2.2
$\mu$	Poissonovo číslo	8.2.2.4
$X_K$	Charakteristická hodnota vlastnosti materiálu	3.6.3
$X_d$	Návrhová hodnota vlastnosti materiálu	3.6.3
$X_{nK}$	Charakteristická hodnota $n$ -té vlastnosti materiálu	3.7.3.4
$X_{nd}$	Návrhová hodnota $n$ -té vlastnosti materiálu	3.7.3.4
$z_0$	Parametr drsnosti terénu	4.3.2
$z_a$	Hloubka inženýrsko-geologického průzkumu pod hloubkou založení	8.3
$\alpha$	Redukční součinitel pro zatížení námrazou	4.12.2
$\alpha$	Sklon základové spáry od vodorovné roviny	8.2.2.2
$\alpha_{TSL}$	Redukční součinitel pro zatížení námrazou pro torzní zabezpečovací zatížení	4.8.2
$\alpha_{LSL}$	Redukční součinitel pro zatížení námrazou pro podélné zabezpečovací zatížení	4.8.3.3
$\beta$	Součinitel pro převod hodnoty $E_{def}$ na hodnotu $E_{oed}$	8.2.2.4
$\gamma$	Dílčí součinitel	4.13
$\gamma_A$	Dílčí součinitel mimořádného zatížení	3.6.2
$\gamma_{cu}$	Dílčí součinitel totální soudržnosti	8.2.2.1
$\gamma_{c'}$	Dílčí součinitel efektivní soudržnosti	8.2.2.1
$\gamma_F$	Dílčí součinitel zatížení	3.6.2
$\gamma_G$	Dílčí součinitel stálého zatížení	3.6.2
$\gamma_I$	Dílčí součinitel zatížení námrazou	4.6.6.1
$\gamma_M$	Dílčí součinitel vlastnosti materiálu	3.6.3
$\gamma_M$	Dílčí součinitel vlastnosti základové půdy (podle ČSN EN 1997-1, Návrhový přístup 3)	8.2.2.1
$\gamma_P$	Dílčí součinitel pro montážní a údržbová zatížení	4.13
$\gamma_{Pt}$	Dílčí součinitel zatížení pro předpínací sílu	7.6.4
$\gamma_Q$	Dílčí součinitel proměnného zatížení	3.6.2
$\gamma_{Q1}$	Dílčí součinitel hlavního proměnného zatížení	3.7.3.2

$\gamma_{qu}$	Dílčí součinitel pro pevnost v prostém tlaku	8.2.2.1
$\gamma_R$	Dílčí součinitel únosnosti (podle ČSN EN 1997-1, Návrhový přístup 2)	8.2.2.1
$\gamma_W$	Dílčí součinitel zatížení větrem	4.6.6.2
$\gamma_T$	Dílčí součinitel objemové tíhy	8.2.2.1
$\gamma_\psi$	Dílčí součinitel efektivního úhlu vnitřního tření	8.2.2.1
$\gamma'$	Návrhová efektivní objemová tíha zeminy pod úrovní základové spáry	8.2.2.1
$\delta, \delta'$	Úhel, charakterizující vzájemnou polohu dvou vodičů	5.8.4
$\delta$	Úhel tření v základové spáře	8.2.2.2
$\varepsilon$	Součinitel, závislý na mezi kluzu	7.3.6.2
$\theta$	Úhel změny směru trasy vedení	4.4.1.1
$\theta$	Směrový úhel síly $H$	8.2.2.2
$\bar{\lambda}_p$	Poměrná štíhlost	7.3.6.2
$\rho$	Hustota vzduchu	4.3.3
$\rho$	Redukční součinitel pro stanovení účinné šířky	7.3.6.2
$\rho_E$	Rezistivita země blízko povrchu	6.4.2
$\rho$	Hustota námrazy	4.6.2
$\sigma$	Svislá návrhová únosnost základu v tlaku	8.2.2.2
$\sigma_d$	Návrhové extrémní kontaktní napětí v základové spáře	8.2.2.2
$\sigma_{or, i}$	Geostatické napětí v i-té vrstvě	8.2.2.4
$\sigma_{zi}$	Svislé napětí pod základem v i-té vrstvě	8.2.2.4
$\phi$	Úhel mezi směrem větru a podélnou osou konzoly	4.4.1.1
$\phi'$	Efektivní úhel vnitřního tření	8.2.2.2
$\varphi$	Úhel vychýlení izolátorového závěsu	5.8.6
$\chi$	Součinitel plnosti panelu stožáru	4.4.3.2
$\Psi$	Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení (součinitel kombinace pro zatížení)	4.13
$\Psi_I$	Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení námrazou (součinitel kombinace pro zatížení námrazou)	4.6.6.2
$\Psi_Q$	Součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení (součinitel kombinace pro proměnné zatížení)	3.6.4
$\Psi_{Qn}$	Součinitel pro kombinační hodnotu n-tého proměnného zatížení (součinitel kombinace pro n-té proměnné zatížení)	3.7.3.2
$\Psi_W$	Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení větrem (součinitel kombinace pro zatížení větrem)	4.2.4.1

## 2.4 Seznam zkratk

BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
ČR	Česká republika
NNA	Národní normativní aspekty
OOPP	Osobní ochranné pracovní prostředky

PNE 33 3300

PS

Projektová specifikace

### 3 Zásady navrhování

#### 3.1 Obecně

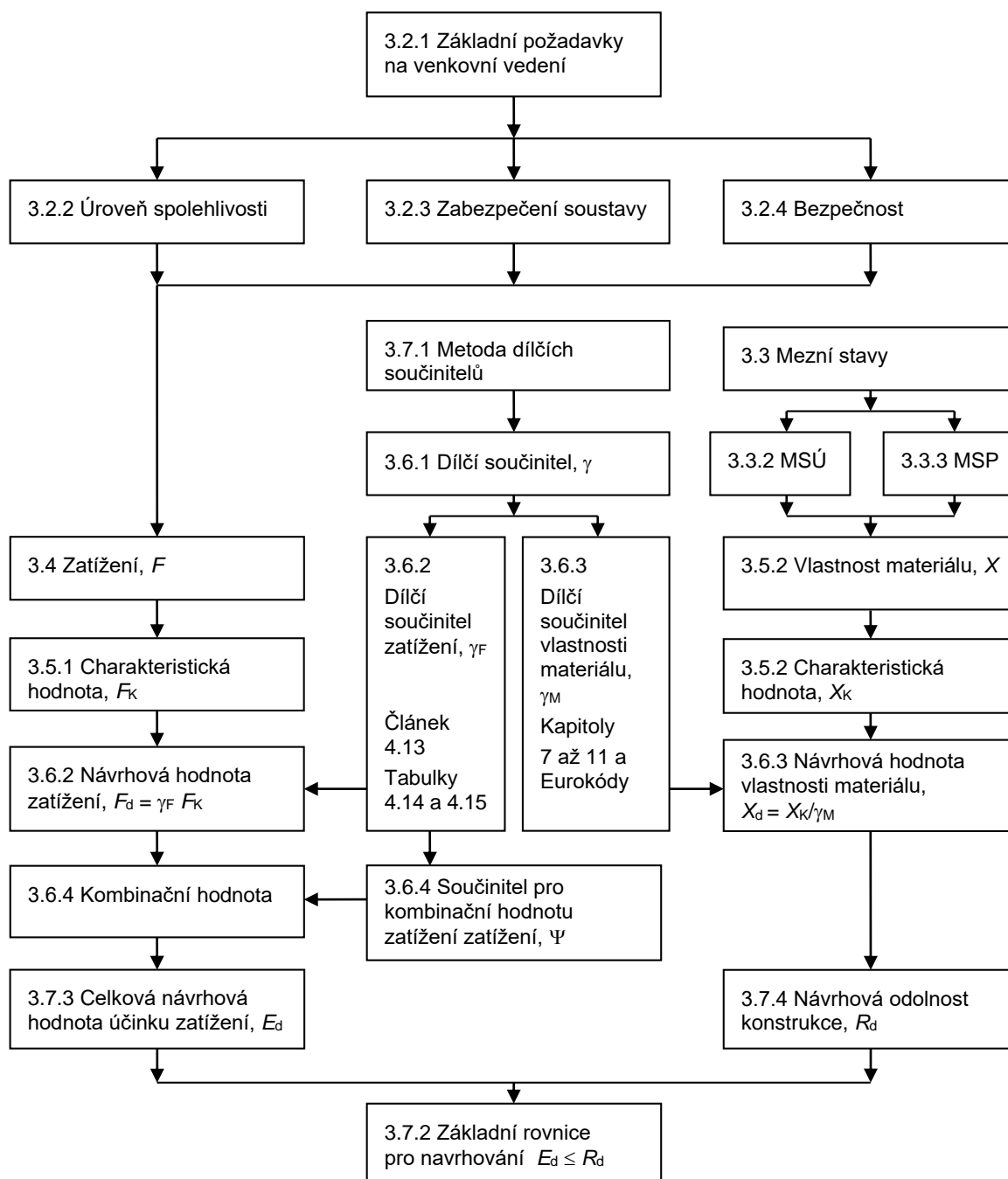
V této kapitole normy jsou uvedeny zásady a obecné principy pro konstrukční, geotechnické a mechanické navrhování venkovních vedení.

Kapitolu je třeba chápat v souvislosti s Eurokódy 1, 2, 3, 5, 7 a 8. Ustanovení v této normě nahrazují odpovídající články v uvedených Eurokódech.

Obecné principy navrhování konstrukcí jsou založeny na metodě mezních stavů ve spojitosti s metodou dílčích součinitelů.

Strukturu kapitoly 3 shrnuje vývojový diagram 3.1.

Kapitola 3 platí pro holá venkovní vedení se jmenovitým střídavým napětím nad 45 kV. Vztahuje se též na kombinovaná venkovní vedení se jmenovitým napětím 110 kV, která nesou na společných podpěrných bodech i systémy se jmenovitým střídavým napětím nad 1 kV do 45 kV. Rovněž se vztahuje na venkovní vedení s izolovanými vodiči.



Vývojový diagram 3.1 – Struktura kapitoly 3 o zásadách navrhování

## 3.2 Požadavky na venkovní vedení

### 3.2.1 Základní požadavky

Venkovní elektrické vedení se musí navrhovat a stavět takovým způsobem, aby po dobu plánované životnosti

- za definovaných podmínek sloužilo ekonomicky a s přijatelnou úrovní spolehlivosti svému účelu. Toho se týkají požadavky na spolehlivost;
- odolávalo šíření poruchy (řetězové havárii), dojde-li k poruše určité složky. Toho se týkají požadavky na mechanické zabezpečení soustavy;
- nebylo příčinou zranění nebo ohrožení života lidí při výstavbě a údržbě. Toho se týkají požadavky na bezpečnost osob.

Venkovní vedení se dále musí navrhovat, stavět a udržovat takovým způsobem, aby bylo bezpečné pro veřejnost, trvanlivé, přiměřeně robustní, přijatelné z hlediska údržby, životního prostředí a vzhledu.



Uvedené požadavky se musí řešit výběrem vhodných materiálů, vhodným návrhem a propracováním detailů a určením kontrolních postupů pro návrh, výrobu, výstavbu a používání pro každou jednotlivou stavbu.

Zvolené návrhové situace musí být dostatečně náročné a různorodé, aby prostřednictvím reprezentativních zatěžovacích stavů zahrnuly všechny podmínky, jejichž výskyt lze reálně předvídat během stavby a návrhové životnosti vedení.

### 3.2.2 Požadavky na spolehlivost

Požadované spolehlivosti venkovních vedení a všech jejich složek a prvků se dosáhne, bude-li návrh v souladu s touto normou a s příslušnými opatřeními pro zajištění kvality.

Pro venkovní vedení lze obecně brát v úvahu tři různé úrovně spolehlivosti, definované v tabulce 3.1, z nichž každá odpovídá určité teoretické době návratu  $T$  klimatických zatížení.

**Tabulka 3.1 – Úrovně spolehlivosti**

Úroveň spolehlivosti	Teoretická doba návratu $T$ klimatických zatížení (roky)
1 (referenční)	50
2	150
3	500

Podpěrné body venkovních vedení musí být z hlediska bezpečnosti klasifikovány podle ČSN EN 1990 jako konstrukce třídy 1 (CC 1, RC 1). Uvedené tři úrovně spolehlivosti, používané v problematice kontinuity provozu, se považují za tři podkategorie třídy 1.

Odchylky od těchto úrovní lze provést v souladu se specifickými požadavky na určitý projekt. Vybraná úroveň však musí odpovídat alespoň úrovni spolehlivosti 1, s výjimkou dočasných staveb nebo dočasně nainstalovaných složek.

Určit absolutní spolehlivost venkovního vedení je obecně obtížné. Z toho důvodu může být úroveň spolehlivosti 1 považována za referenční, zatímco vyšší úrovně spolehlivosti by měly být chápány jako relativní k referenční úrovni.

**POZNÁMKA 1** Vztahy mezi úrovněmi spolehlivosti, uvedenými v tabulce 3.1, a dílčími součiniteli, uvedenými v 4.13.1 v tabulce 4.14, jsou také vysvětleny v B.2 pro rychlosti větru a v B.3 pro zatížení námrazou.

Je-li známá extrémní rychlost větru pro referenční dobu návratu 50 let  $V_{50}$ , lze extrémní rychlost větru pro teoretickou dobu návratu  $T$  let  $V_T$  určit pomocí převodního součinitele  $C_T$ , jak je uvedeno v příloze B.2 a v tabulce B.1. Pro dobu návratu 3 roky se používá termín jmenovitá rychlost větru.

Podobně, je-li známé extrémní zatížení námrazou na jednotku délky vodiče pro referenční dobu návratu 50 roků  $I_{50}$ , lze extrémní zatížení námrazou na jednotku délky vodiče pro teoretickou dobu návratu  $T$  let  $I_T$  určit pomocí převodního součinitele  $C_T$ , jak je uvedeno v příloze B.3 a v tabulce B.2. Pro dobu návratu 3 roky se používá termín jmenovité zatížení námrazou.

Není-li v PS stanovena úroveň spolehlivosti vyšší, uvažuje se u trvalých vedení úrovně spolehlivosti 1 (doba návratu klimatických zatížení 50 let).

**POZNÁMKA 2** Zvýšení úrovně spolehlivosti není jediný způsob, jak zlepšit kontinuitu provozu venkovního elektrického vedení. Referenční úroveň spolehlivosti je obecně považována za úroveň, poskytující přijatelnou úroveň spolehlivosti, pokud jde o kontinuitu provozu a bezpečnost, ale navrhovatel by měl také zvažovat následující dva aspekty:

**Bezpečnost veřejnosti:** Referenční doba návratu 50 let poskytuje vysokou úroveň spolehlivosti. Pokud se týče bezpečnosti veřejnosti, je pravděpodobnost poruchy přijatelná, protože kombinovaná pravděpodobnost, mající za následek zranění osob, je velmi nízká. Navíc, jelikož složky vedení jsou spíše navrhovány jako ucelené soubory než jednotlivě samostatně a protože jsou obvykle navrhovány před přesnými znalostmi skutečných parametrů vedení (např. délky rozpětí), má součinitel využití kladný vliv na skutečnou spolehlivost vedení.

**Kontinuita provozu:** Spolehlivost je možné zvýšit zvýšením doby návratu, ale není to jediné řešení. Provozní dobu je možné také zvýšit vytvořením redundance stavbou dalších venkovních vedení nebo větším počtem vedení, vycházejících ze stanic, a zdokonalením návrhu koordinace pevností, omezením rozsahu poruchy instalací antikaskádních stožárů a připravením nouzového plánu obnovy pro velmi rychlou opravu havárie.

Celkové náklady jsou dány nejen pravděpodobností poruchy, ale především jejími možnými následky včetně nekontrolovatelného šíření poruchy, která pak může značně přesáhnout rozsah počáteční poruchy. Tyto následky mohou být významně sníženy následujícími nákladově efektivními opatřeními, jako jsou: koordinace pevností, takový návrh podpěrných bodů, aby odolaly torzním a podélným zabezpečovacím zatížením, omezovače zatížení, metody odstraňování námrazy, použití anti-

kaskádních stožárů nebo stavba dalších venkovních vedení atd. (tj. proaktivní řešení); konstrukce pro nouzovou obnovu, výcvik montérů atd. (tj. reaktivní řešení).

U dočasných vedení, instalovaných po dobu kratší než 1 rok, je možné snížit dobu návratu klimatických zatížení vzhledem ke zkrácenému návrhovému trvání instalace, jak je uvedeno v tabulce 3.2.

Je také možné uvažovat sezónní nebo aktuální klimatické podmínky, založené na statistických meteorologických údajích. Například pro období, ve kterém se námraza nevyskytuje, se zatížení námrazou nemusí uvažovat (viz poznámka <sup>o)</sup> v tabulce 3.2). Součinitel ročního období  $c_{\text{season}}$  pro snížení zatížení větrem v závislosti na ročním období se v ČR nepoužívá,  $c_{\text{season}} = 1$  (viz ČSN EN 1991-1-4, NA.2.7).

**Tabulka 3.2 – Doby návratu pro dočasná vedení**

Doba instalace	Doba návratu (roky)
≤ 3 dny	2 <sup>a) c)</sup>
≤ 3 měsíce (ale > 3 dny)	5 <sup>b) c)</sup>
≤ 1 rok (ale > 3 měsíce)	10 <sup>b) c)</sup>
POZNÁMKY a) Pro vedení, instalovaná po nominální dobu 3 dnů, lze vzít v úvahu meteorologickou předpověď pro dané místo. b) U dočasných vedení, instalovaných po dobu trvání delší než 3 dny, se nedoporučuje základní střední rychlost větru menší než 20 m/s. c) Zatížení námrazou se nemusí uvažovat, je-li vedení instalováno pouze v ročním období, kdy se námraza nevyskytuje. Toto období trvá od 1.dubna do 1.listopadu.	

### 3.2.3 Požadavky na zabezpečení soustavy

Požadavky na zabezpečení soustavy odpovídají zvláštním zatížením a/nebo opatřením, která mají zabránit nekontrolovatelně se šířícím (řetězovým) poruchám.

Ať je porucha vedení způsobena vadou materiálu, nepředvídatelnými událostmi (např. nárazem objektu, sesuvem půdy atd.) nebo neobvyklým klimatickým zatížením, je nezbytné, aby porucha zůstala omezena uvnitř nebo na těsnou blízkost úseku, ve kterém došlo k přetížením, přesahujícím pevnost složek.

Aby se předešlo řetězovým poruchám, jsou v 4.8 popsána některá simulovaná zatížení a zatěžovací podmínky.

Vyšší úroveň zabezpečení může být oprávněna u určitých venkovních vedení buď vzhledem k jejich důležitosti v síti, nebo proto, že jsou vystavena těžkým klimatickým zatížením. V takových případech mohou být použita dodatečná opatření pro zvýšení zabezpečení podle zkušeností a typu navrhovaného vedení. Rozsah řetězové poruchy lze omezit vložением výztužných podpěrných bodů v určených intervalech.

### 3.2.4 Bezpečnostní požadavky

Bezpečnostní požadavky mají zajistit, aby činnosti při montáži a údržbě vedení nepředstavovaly pro osoby bezpečnostní rizika. Bezpečnostní požadavky, uvedené v této normě, sestávají ze zvláštních zatížení, definovaných v 4.9, na která musí být složky vedení (hlavně podpěrné body) navrženy.

### 3.2.5 Koordinace únosnosti

Koordinace únosnosti mezi jednotlivými složkami vedení se v praxi obecně dosahuje sladěním dílčích součinitelů a/nebo zatěžovacích stavů.

V této normě je stanovena koordinace únosnosti pouze pro nadzemní části ocelové konstrukce základového dílu příhradového stožáru (viz 7.3.6.1). V PS mohou být stanoveny další požadavky.

POZNÁMKA Příloha A ČSN EN 50341-1 uvádí podrobnosti pojmání koordinace únosnosti podle IEC 60826.

### 3.2.6 Dodatečná hlediska

Návrh venkovního vedení jako prvku životního prostředí musí respektovat požadavky na ochranu životního prostředí a platné právní podmínky.

Musí se brát řádný ohled na bezpečnost osob a ochranu zvěře a domácích zvířat (například ptáků, dobytka atd.).

Jakékoliv zvláštní požadavky, např. instalace varovných leteckých značek, nočního leteckého překážkového značení, armatur proti biologickému znečištění izolátorů, armatur na ochranu ptáků apod., musí být uvedeny v PS.

### 3.2.7 Návrhová životnost

Návrhová technická životnost je předpokládaná doba, po kterou má být venkovní vedení používáno pro zamýšlený účel při předpokládané údržbě, ale bez nutnosti podstatných oprav.

Obecně uvažovaná návrhová technická životnost venkovních vedení je 50 let, pokud není v této normě nebo v PS uvedeno jinak.

POZNÁMKA Doba využití (provozování) se obvykle pohybuje v rozmezí 30 až 80 let. U jednotlivých složek může být prodloužena na základě vyhodnocení jejich pravidelných kontrol.

Není-li v PS uvedeno jinak, uvažují se doporučené návrhové technické životnosti jednotlivých složek vedení, uvedené v následující tabulce 3.3.

**Tabulka. 3.3 – Doporučená návrhová technická životnost složek venkovních vedení**

Složky vedení	Návrhová životnost (roky)
Ocelové příhradové stožáry	40
Ocelové sloupy	40
Základy	40
Vodiče	40
Izolátory	40
Armatury	40
Uzemnění	40

### 3.2.8 Trvanlivost

Trvanlivost podpěrného bodu nebo jeho části v daném prostředí musí být taková, aby byl při odpovídající údržbě provozuschopný po celou dobu návrhové životnosti.

Vlivy prostředí a atmosférické a klimatické podmínky se musí při návrhu vedení vyhodnotit tak, aby se mohl určit jejich význam ve vztahu k trvanlivosti a aby bylo možné stanovit odpovídající opatření pro ochranu materiálů.

### 3.2.9 Zabezpečení kvality

Aby venkovní vedení odpovídalo požadavkům a předpokladům návrhu, musí se přijmout příslušná opatření pro zajištění kvality během návrhu a výstavby vedení.

POZNÁMKA Zajištění kvality je popsáno v ČSN EN ISO 9001.

## 3.3 Mezní stavy

### 3.3.1 Obecně

Mezní stavy jsou takové stavy, při jejichž překročení již venkovní vedení nesplňuje návrhové požadavky.

Obecně se rozlišují mezní stavy únosnosti a mezní stavy použitelnosti.

### 3.3.2 Mezní stavy únosnosti

Mezní stavy únosnosti jsou takové mezní stavy, které jsou spojeny se zhroutením nebo s jinými podobnými konstrukčními poruchami, způsobenými nadměrným přetvořením, ztrátou stability, překocněním, přetržením, vybočením apod.

Pro zjednodušení se může stav vážného poškození, který předchází zhroutení konstrukce, pokládat též za mezní stav únosnosti.

Mezní stavy únosnosti se týkají vybraných zatěžovacích podmínek, určených požadavky na spolehlivost, zabezpečení a bezpečnost, které by mohly mít vliv na odolnost složek venkovního vedení, jako jsou podpěrné body, základy, vodiče, izolátorové řetězce a výzbroj.

### 3.3.3 Mezní stavy použitelnosti

Mezní stavy použitelnosti souvisí s určitými stanovenými podmínkami, při jejichž překročení již venkovní vedení nesplňuje specifikované provozní požadavky.

Mezní stavy použitelnosti, které může být potřebné zohlednit, zahrnují:

- nepřijatelnou četnost a trvání elektrických přeskoků, nastávajících buď na podpěrných bodech, nebo z důvodu přiblížení vodičů uvnitř rozpětí;
- nadměrné deformace a posuny podpěrných bodů, které by mohly ovlivnit vzhled nebo efektivní využití podpěrných bodů nebo které by mohly způsobit porušení nejkratších přípustných elektrických vzdáleností;
- úrovně vibrací, které by mohly způsobit poškození vodičů, podpěrných bodů nebo výzbroje nebo omezit jejich funkční využití;
- poškození povrchové úpravy nebo popraskání povrchu betonu, které by mohlo mít nepříznivý vliv na trvanlivost nebo funkčnost podpěrných bodů, vodičů, izolátorů a výzbroje vedení.

Kritéria pro mezní stavy použitelnosti a příslušná zatížení pro kontrolu mezních stavů použitelnosti jsou uvedena v příslušných kapitolách této normy. Další požadavky mohou být stanoveny v PS.

## 3.4 Zatížení

### 3.4.1 Základní klasifikace

Zatížení  $F$  je:

- přímé, tzn. síla nebo zatížení, působící na složky venkovního vedení jako jsou podpěrné body, základy, vodiče, izolátorové řetězce a výzbroj;
- nepřímé, tj. vynucené přetvoření nebo omezené přetvoření, způsobené například změnami teploty, změnami hladiny podzemní vody nebo nerovnoměrným sedáním (přichází-li v úvahu).

Zatížení se klasifikují:

- podle proměnnosti v čase (viz 3.4.2);
- podle jejich charakteru a/nebo odezvy konstrukce (viz 3.4.3).

### 3.4.2 Rozdělení zatížení podle jejich proměnnosti v čase

- 1) stálá zatížení ( $G$ ), tj. vlastní tíha podpěrných bodů včetně základů, armatur a upevněného vybavení.

Za stálé zatížení se považuje též vlastní tíha vodičů a účinky tahu vodičů při referenční teplotě, stejně jako nerovnoměrné sedání podpěrných bodů.

- 2) proměnná zatížení ( $Q$ ), tj. zatížení větrem, námrazou a jiná vnější zatížení.

Změny tahu ve vodiči, způsobené větrem, námrazou a odchylkami teplot od referenční teploty, jsou proměnná zatížení.

Vnesená zatížení, vyvolaná tažením vodičů, lezením po konstrukci, atd. jsou hodnocena na deterministické bázi a vztahují se k bezpečnosti pracovníků na stavbě.

- 3) mimořádná zatížení ( $A$ ), tj. soubor zabezpečovacích zatížení proti šíření poruchy, laviny atd., která se vztahují k mechanickému zabezpečení celého vedení.

### 3.4.3 Rozdělení zatížení podle jejich charakteru a/nebo odezvy konstrukce

- 1) statická zatížení, která nezpůsobují významná zrychlení složek nebo prvků;
- 2) dynamická zatížení, která způsobují významná zrychlení složek nebo prvků.

Při návrhu podpěrných bodů venkovních vedení (včetně základů) obvykle postačuje uvažovat ekvivalentní statický účinek kvazistatických zatížení, jako jsou zatížení větrem. Zvláštní pozornost by měla být věnována mimořádně vysokým a/nebo štíhlým podpěrným bodům.

### 3.5 Charakteristické hodnoty

#### 3.5.1 Charakteristická hodnota zatížení

##### 3.5.1.1 Zatížení ( $F$ )

Pro zatížení  $F$  je jeho charakteristická hodnota  $F_k$  hlavní reprezentativní hodnotou, používanou při ověřování mezních stavů.

##### 3.5.1.2 Stálé zatížení ( $G$ )

Při návrhu venkovního vedení lze zpravidla stanovit charakteristickou hodnotu stálého zatížení  $G$  jako jedinou hodnotu  $G_k$ , protože variabilita  $G$  je velmi malá.

##### 3.5.1.3 Proměnné zatížení ( $Q$ )

Pro proměnné zatížení  $Q$  charakteristická hodnota  $Q_k$  odpovídá:

- buď horní hodnotě, která nebude s uvažovanou pravděpodobností překročena (např. zatížení větrem a námrazou), nebo dolní hodnotě, například u teploty, která nebude s uvažovanou pravděpodobností podkročena, po dobu referenčního období jednoho roku. V této normě se uvažuje s hodnotou pravděpodobnosti 0,02 za rok (tj. s dobou návratu 50 let);
- nebo jmenovité hodnotě, použité pro deterministicky stanovená zatížení.

##### 3.5.1.4 Mimořádné zatížení ( $A$ )

Pro mimořádné zatížení  $A$  je všeobecně reprezentativní hodnotou charakteristická hodnota  $A_k$ , která odpovídá udané hodnotě.

#### 3.5.2 Charakteristická hodnota vlastnosti materiálu

Vlastnost materiálu  $X$  je reprezentována charakteristickou hodnotou  $X_k$ , která odpovídá takové hodnotě vlastnosti materiálu, která nebude s předepsanou pravděpodobností překročena při hypoteticky neomezené sérii testů. Tato hodnota pro určitou vlastnost materiálu obecně odpovídá stanovenému kvantilu předpokládaného statistického rozdělení této vlastnosti materiálu, použitého v mechanické soustavě.

Hodnota vlastnosti materiálu musí být obvykle určena z normalizovaných zkoušek, provedených za stanovených podmínek. Jestliže je nutné převést výsledky zkoušek na hodnoty, o kterých se může předpokládat, že reprezentují chování materiálu na venkovním vedení, použije se převodní součinitel.

Za určitých okolností se jako charakteristická hodnota použije jmenovitá hodnota.

### 3.6 Návrhové hodnoty

#### 3.6.1 Obecně

Návrhové hodnoty se obvykle získají z charakteristických hodnot ve spojení s dílčími součiniteli  $\gamma$ , jak jsou definovány v této normě a v Eurokódech 2, 3, 5, 7 a 8.

#### 3.6.2 Návrhová hodnota zatížení

Návrhová hodnota zatížení  $F_d$  je vyjádřena obecně jako

$$F_d = \gamma_F F_k$$

Dílčí součinitel zatížení  $\gamma_F$  závisí na zvolené úrovni spolehlivosti a přihlíží k možnostem nepříznivých odchylek zatížení, nepřesného modelování a nejistot v určení účinků zatížení.

**POZNÁMKA** Návrhové hodnoty různých zatížení  $G$ ,  $Q$  a  $A$  podle klasifikace, popsané v 3.4.2, se vypočtou jako  $\gamma_G \cdot G_k$ ,  $\gamma_Q \cdot Q_k$  a  $\gamma_A \cdot A_k$ .

Hodnoty dílčích součinitelů zatížení  $\gamma_F$  jsou uvedeny pro trvalá vedení v 4.13.1 v tabulce 4.14 a pro dočasná vedení v 4.13.2 v tabulce 4.15 této normy. Tyto dílčí součinitele je třeba aplikovat na zatížení, určená v kapitole 4 z klimatických zatížení, založených na padesátileté době návratu.

Při výpočtu účinku zatížení na tah vodiče se příslušnými dílčími součiniteli násobí charakteristické hodnoty zatížení, tj. přímo zatížení větrem nebo námrazou, působící na vodič. Vypočtená hodnota tahu ve vodiči je potom výslednou návrhovou hodnotou.

Při deterministických výpočtech (např. zabezpečovací a bezpečnostní zatížení) však lze dílčí součinitele zatížení ( $\gamma_A$  a  $\gamma_P$ ) aplikovat na účinek zatížení, např. na tah vodiče, jak je konkrétně uvedeno v kapitole 4.

### 3.6.3 Návrhová hodnota vlastnosti materiálu

Návrhová hodnota vlastnosti materiálu  $X_d$  je obecně definována jako

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

Dílčí součinitel vlastnosti materiálu  $\gamma_M$  pokrývá nepříznivé odchylky od charakteristické hodnoty vlastnosti materiálu  $X_k$ , nepřesnosti v použitých převodních součinitelích a nejistoty v geometrických vlastnostech a v modelu pro určení odolnosti. V této normě jsou specifikovány dílčí součinitele pro složky vedení. Dílčí součinitele, uvedené v Eurokódech 2, 3, 5, 7 a 8, jsou obecně platné, pokud nejsou výslovně upraveny v této normě nebo pokud nejsou v PS určeny hodnoty vyšší.

Dílčí součinitele vlastností materiálu mohou také záviset na koordinaci únosnosti, uvažované pro dané vedení (viz 7.3.6.1.3).

### 3.6.4 Kombinační hodnota proměnného zatížení

Kombinační hodnoty souvisí s použitím kombinací zatížení, aby se zohlednila snížená pravděpodobnost současného výskytu nejnepříznivějších hodnot několika nezávislých zatížení.

Kombinační hodnota proměnného zatížení  $Q$  je obecně reprezentována součinem součinitele pro kombinační hodnotu a charakteristické hodnoty,  $\Psi_Q \cdot Q_k$ , nebo je daná přímo jako zatížení se sníženou dobou návratu  $Q_{(T)}$ .

Kombinační hodnota ( $\Psi_Q \cdot Q_k$ ) se považuje za návrhovou hodnotu. Pokud vyskytující se zatížení spolu koreluje (jsou na sobě závislá), je tento stav již zohledněn v součiniteli pro kombinační hodnotu (v kombinaci extrémního zatížení námrazou s rychlostí větru s vysokou pravděpodobností). V kombinaci jmenovitého zatížení námrazou s rychlostí větru s nízkou pravděpodobností je korelace obou zatížení zohledněna úpravou charakteristické hodnoty zatížení větrem redukčním součinitelem.

POZNÁMKA V ČSN EN 50341-1 a v této normě je součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení  $\Psi_Q$  odvozen hlavně na základě snížené doby návratu, a proto zahrnuje dílčí součinitel, použitý v Eurokódech, stejně jako jakékoli další redukční součinitele.

Hodnoty součinitelů pro kombinační hodnoty zatížení jsou uvedeny pro trvalá vedení v 4.13.1 v tabulce 4.14 a pro dočasná vedení v 4.13.2 v tabulce 4.15 této normy.

## 3.7 Metoda dílčích součinitelů a návrhová rovnice

### 3.7.1 Metoda dílčích součinitelů

Výpočty se musí provádět s použitím vhodných návrhových modelů, zahrnujících příslušné proměnné veličiny. Modely musí být vhodné k predikci chování konstrukce a pro uvažované mezní stavy.

Návrhové modely musí zpravidla vycházet ze zásad uznávané teorie konstrukcí a v případě nutnosti z experimentálně ověřené praxe.

Při použití metody dílčích součinitelů se musí ověřit, že v žádné z příslušných návrhových situací nejsou dosaženy mezní stavy, jestliže se v návrhových modelech použijí návrhové hodnoty pro zatížení, vlastnosti materiálů a geometrické rozměry. Především se musí ověřit, že:

- účinky návrhových zatížení nepřesáhnou návrhovou odolnost venkovního vedení v mezním stavu únosnosti;
- účinky návrhových zatížení jsou v souladu s požadavky na chování venkovního vedení pro mezní stav použitelnosti.

Může se použít zjednodušené ověřování, založené na koncepci mezních stavů, při kterém se uvažují pouze takové mezní stavy a kombinace zatížení, které jsou podle zkušeností pro návrh určující.

### 3.7.2 Základní rovnice pro navrhování

Při uvažování mezního stavu únosnosti nebo nadměrné deformace složky, prvku nebo spoje se musí ověřit, že

$$E_d \leq R_d$$

kde je

$E_d$  celková návrhová hodnota účinku zatížení, jako vnitřní síla nebo moment, nebo reprezentativní vektor několika vnitřních sil nebo momentů, viz 3.7.3;

$R_d$  odpovídající návrhová odolnost konstrukce, viz 3.7.4.

### 3.7.3 Celková návrhová hodnota účinku kombinovaných zatížení

#### 3.7.3.1 Obecně

Stálá zatížení  $G$  a hodnoty proměnných zatížení  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots$ , která se vyskytují současně, a případně i mimořádná zatížení  $A$ , se kombinují podle uvažované návrhové situace.

Pro každý kritický zatěžovací stav se musí určit celková návrhová hodnota účinku kombinovaných zatížení  $E_d$ , daná níže uvedenými rovnicemi (3.1) a (3.3).

Alternativní rovnice (3.2) a (3.4) se použijí v případě, že proměnná zatížení  $Q_n$  jsou určena přímo. V rovnici (3.2) je hlavní proměnné zatížení  $Q_1$  s dobou návratu  $T_1$ , odpovídající vybrané úrovni spolehlivosti (například 150 let), kombinováno s proměnnými zatíženími  $Q_n$  ( $n > 1$ ), která mají snížené doby návratu  $T_n$  (například 3 roky). V rovnici (3.4) jsou mimořádná zatížení  $A$  kombinována s vyskytujícími se proměnnými zatíženími  $Q_n$  ( $n \geq 1$ ), která mají všechna sníženou dobu návratu  $T_n$ .

Vynucené deformace se musí uvažovat tehdy, přicházejí-li v úvahu.

#### 3.7.3.2 Návrhové situace, které se vztahují ke stálým a proměnným zatížením

Celková návrhová hodnota účinku stálých a proměnných zatížení v symbolických vyjádřeních je

$$E_d = f\{\sum \gamma_G G_K, \gamma_{Q1} Q_{1K}, \sum_{n>1} \Psi_{Qn} Q_{nK}\} \quad (3.1)$$

$$E_d = f\{\sum \gamma_G G_K, Q_1(T_1), \sum_{n>1} Q_n(T_n)\} \quad (3.2)$$

kde je

$\gamma_{Q1} Q_{1K}$  návrhová hodnota hlavního proměnného zatížení, tj. obvykle buď vítr, nebo námraza;

$\Psi_{Qn} Q_{nK}$  kombinační hodnoty ostatních proměnných zatížení se sníženými dobami návratu  $T_n$  ( $n > 1$ ).

#### 3.7.3.3 Návrhové situace, které se vztahují ke stálým, proměnným a mimořádným zatížením

Celková návrhová hodnota účinku stálých, proměnných a mimořádných zatížení v symbolických vyjádřeních je

$$E_d = f\{\sum \gamma_G G_K, \gamma_A A_K, \sum_{n \geq 1} \Psi_{Qn} Q_{nK}\} \quad (3.3)$$

$$E_d = f\{\sum \gamma_G G_K, \gamma_A A_K, \sum_{n \geq 1} Q_n(T_n)\} \quad (3.4)$$

kde je

$\gamma_A A_K$  návrhová hodnota mimořádného zatížení;

$\Psi_{Qn} Q_{nK}$  kombinační hodnoty proměnných zatížení se sníženými dobami návratu  $T_n$  ( $n \geq 1$ ).

#### 3.7.4 Návrhová odolnost konstrukce

Návrhová odolnost konstrukce  $R_d$ , sdružující všechny materiálové vlastnosti s příslušnými návrhovými hodnotami  $X_{nd}$ , je daná následujícím způsobem:

$$R_d = f\{X_{1d}, X_{2d}, \dots\}$$

nebo alternativně s příslušnými charakteristickými hodnotami  $X_{nK}$ , definovanými pro jednotlivé případy

$$R_d = f\{X_{1K}, X_{2K}, \dots\} / \gamma_M$$

## 4 Zatížení vedení

### 4.1 Úvod

Účelem této kapitoly je poskytnout pokyny pro výpočet všech typů zatížení venkovních vedení a jejich složek.

Patří mezi ně klimatická zatížení jako zatížení větrem, námrazou a kombinované zatížení větrem a námrazou vodičů, izolátorových závěsů, příhradových stožárů a sloupů.

V podstatě existují tři přístupy k získávání klimatických údajů pro stanovení číselných hodnot zatížení.

Přístup 1: První přístup je založen na použití evropských nebo národních norem, poskytujících referenční údaje, jako je základní rychlost větru, uvedená v národní příloze EN 1991-1-4, přímo použitelné podle kapitoly 4.

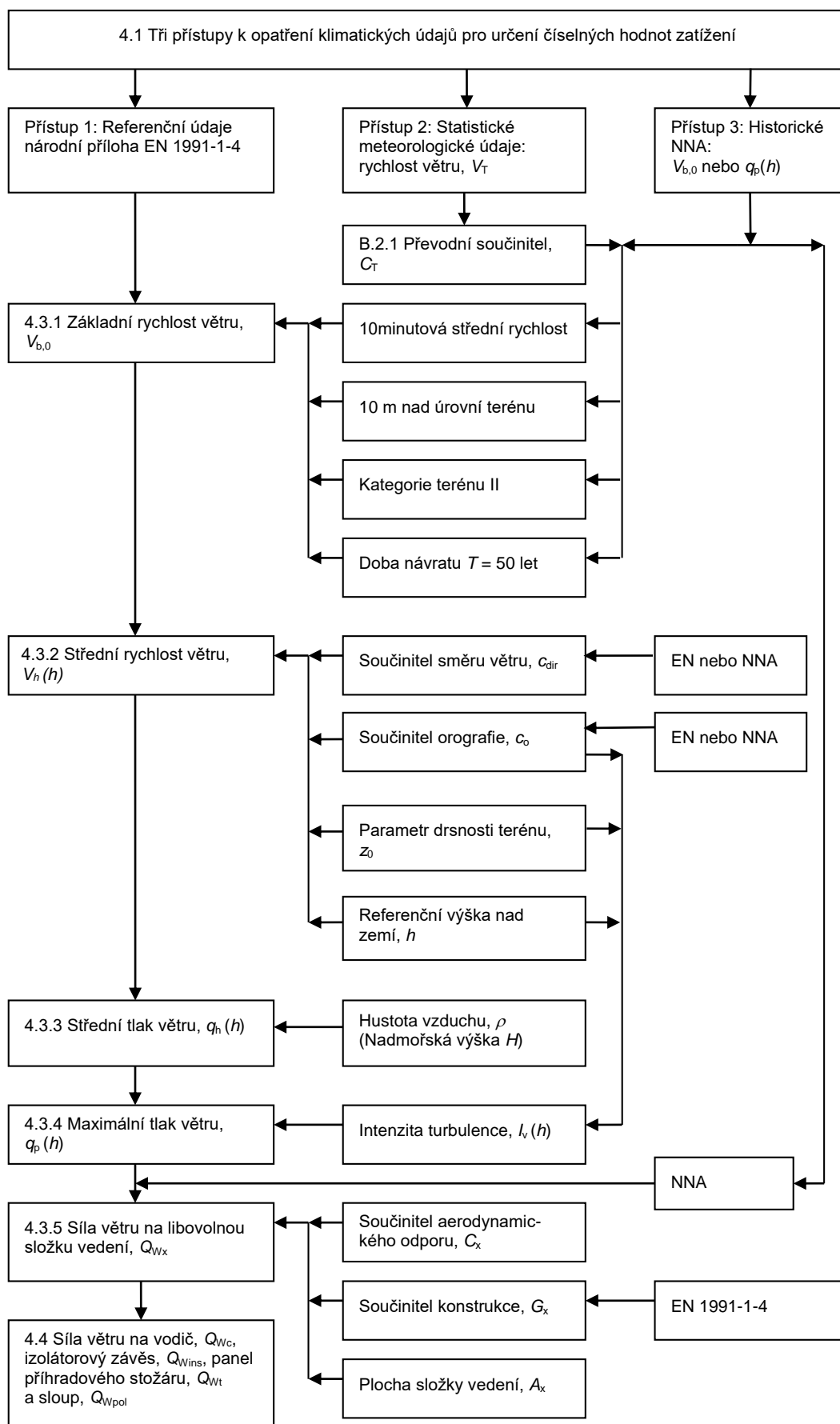
Přístup 2: Druhý přístup je založen na použití dostatečných statistických experimentálních dat z pozorování v terénu. Tato data lze následně převést na referenční údaje, použitelné podle kapitoly 4. Při získávání spolehlivých údajů se musí vzít v úvahu zvláštnosti příslušných oblastí nebo míst. Pro provedení nutných převodů extrémní rychlosti větru nebo extrémního zatížení námrazou, spojené s dobami návratu 50 let, na rychlost větru nebo zatížení námrazou, spojené s jinými dobami návratu  $T$ , lze použít přílohu B ČSN EN 50341-1 nebo normu IEC 60826.

Přístup 3: Třetí přístup je založen na použití údajů, kalibrovaných dlouhou a úspěšnou historií navrhování venkovních vedení, které lze nalézt v národních předpisech, které v některých zemích již existují přibližně od roku 1900. Takovými údaji mohou být základní rychlost větru, maximální tlak větru, základní zatížení námrazou atd., ale takové údaje musí vést alespoň k úrovni spolehlivosti odpovídající stupni 1, jak je uvedeno v kapitole 3 (referenční doba návratu 50 let). Pro kontrolu hodnot zatížení, získaných přístupem 3, je možné provést jejich porovnání s údaji, získanými přístupem 1 nebo 2.

Základní rychlosti větru jsou v této normě stanoveny v souladu s národní přílohou EN 1991-1-4 (přístup 1). Zatížení námrazou, stanovená v této normě, jsou založena na použití statisticky zpracovaných experimentálních dat z pozorování v terénu (přístup 2). Hodnoty rychlosti větru při námraze jsou založeny na použití údajů, kalibrovaných úspěšnou historií navrhování venkovních vedení na kombinované zatížení větrem a námrazou, které lze nalézt v národních předpisech od r. 1978 (přístup 3).

Strukturu článku 4.3 o zatížení větrem shrnuje vývojový diagram 4.1.





Vývojový diagram 4.1 – Struktura článku 4.3 o zatížení větrem

Příklady výpočtů zatížení větrem (4.3, 4.4) jsou uvedeny v příloze C.1.

## 4.2 Stálá zatížení

Vlastní tíha podpěrných bodů, izolátorových závěsů a dalšího upevněného vybavení a tíha vodičů, pocházející z obou sousedních rozpětí, se považují za stálá zatížení. Letecké varovné koule a podobné prvky se také považují za stálá zatížení.

Při výpočtu vlastní tíhy vodiče, působící v jeho závěsném bodu, se uvažují teploty a klimatická zatížení podle příslušného zatěžovacího stavu a vzájemné rozdíly v úrovních závěsných bodů na sousedních podpěrných bodech, tj. příslušné váhové rozpětí.

## 4.3 Zatížení větrem

### 4.3.1 Oblast použití a základní rychlost větru

#### 4.3.1.1 Obecně

Článek 4.3 obsahuje pravidla pro určení návrhových zatížení větrem, působících na jakoukoliv složku venkovního vedení, na základě meteorologických údajů.

Tato pravidla platí pro výšky nad zemí až do hodnot, specifikovaných v NNA. Pokud v NNA nejsou žádné požadavky stanoveny, je výška 60 m považována za obecně přijatelnou hodnotu.

POZNÁMKA 1 V NNA pro ČR nejsou žádné požadavky na omezení pravidel pro určení zatížení větrem s ohledem na výšku nad zemí specifikovány. V případě potřeby mohou být požadavky specifikovány v PS.

Pravidla vychází z modelů ČSN EN 1991-1-4 (Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Zatížení větrem) a definují základní rychlost větru jako desetiminutovou střední rychlost větru, nezávislou na směru větru a ročním období, ve výšce 10 m nad zemí v otevřené krajině s nízkou vegetací, jako je tráva, a s izolovanými překážkami, vzdálenými od sebe alespoň 20násobek jejich výšky.

POZNÁMKA 2 Tento terén odpovídá v tabulce 4.2 terénu kategorie II.

Základní rychlost větru  $V_{b,0}$  je charakteristická hodnota s roční pravděpodobností překročení 0,02, což odpovídá střední době návratu 50 let. Hodnoty základní rychlosti větru jsou uvedeny v 4.3.1.2 v tabulce 4.1.

Kolísání rychlosti větru, způsobené nárazy větru, je při návrhu zatížení větrem zohledněno prostřednictvím intenzity turbulence (viz 4.3.4).

Pravidla, uvedená v 4.3 a 4.4, neplatí pro místně omezené větry o vysoké intenzitě, jako jsou tornáda nebo sestupné proudy (*downdrafts*).

POZNÁMKA 3 Informace o takových větrech jsou k dispozici v technické brožuře CIGRE č. 350 „Jak venkovní vedení reagují na lokalizované větry o vysoké intenzitě - Základní znalosti (*How Overhead Lines Respond to Localized High Intensity Winds – Basic understanding*)“.

#### 4.3.1.2 Základní rychlost větru, mapa větrných oblastí

Území České republiky je rozděleno do pěti větrných oblastí, pro něž jsou definovány různé základní rychlosti větru  $V_{b,0}$ , uvedené v tabulce 4.1. Větrné oblasti jsou znázorněny v Mapě větrných oblastí na území ČR, která je součástí národní přílohy ČSN EN 1991-1-4. Přesnější informace o hranicích větrných oblastí může poskytnout Český hydrometeorologický ústav.

**Tabulka 4.1 – Základní rychlosti větru  $V_{b,0}$**

větrná oblast	I	II	III	IV	V
základní rychlost větru $V_{b,0}$ (m/s)	22,5	25	27,5	30	36 <sup>a)</sup>
a) Základní rychlost větru v konkrétní lokalitě ve větrné oblasti V upřesní příslušná pobočka Českého hydrometeorologického ústavu.					

V PS mohou být na základě dlouhodobých zkušeností provozovatele přenosové nebo distribuční soustavy určité lokality zařazeny do větrné oblasti s vyšší základní rychlostí větru  $V_{b,0}$ .

#### 4.3.2 Střední rychlost větru

Střední rychlost větru  $V_h(h)$  závisí na:

- základní rychlosti větru ( $V_{b,0}$ ), definované v 4.3.1.1 a v 4.3.1.2;
- součiniteli směru větru ( $C_{dir}$ );

- referenční výšce uvažované složky nad zemí ( $h$ ), (viz 4.4);
- parametru drsnosti terénu ( $z_0$ );
- součiniteli orografie ( $c_0$ ).

Střední rychlost větru je v ČR nezávislá na směru větru. Použije se hodnota součinitele směru větru  $c_{dir} = 1,0$ .

Referenční výška nad zemí  $h$ , se kterou se musí počítat, závisí na složce vedení, na kterou zatížení větrem působí. Volba této referenční výšky nad zemí je pro každou složku uvedena v 4.4, ale minimální hodnota, se kterou se musí počítat, je 10 m.

Parametr drsnosti terénu  $z_0$  a součinitel terénu  $k_r$ , který s parametrem drsnosti terénu přímo souvisí, charakterizují drsnost terénu, která ovlivňuje střední rychlost větru  $V_h(h)$  a intenzitu turbulence  $l_v(h)$ . Hodnoty  $z_0$  a  $k_r$  uvádí tabulka 4.2.

**Tabulka 4.2 – Kategorie terénu, parametr drsnosti terénu  $z_0$  a součinitel terénu  $k_r$**

Kategorie terénu		$z_0$ (m)	$k_r$
I	Jezera nebo ploché a vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	0,169
II	Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek jejich výšky	0,05	0,189
III	Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami a izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek jejich výšky (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	0,214
IV	Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1	0,233

Součinitel terénu  $k_r$  je možné určit pro různé parametry drsnosti  $z_0$  pomocí vztahu:

$$k_r = 0,189 (z_0 / 0,05)^{0,07}$$

Není-li v PS uvedeno jinak, vliv topografie lze zanedbat a použije se hodnota součinitele orografie  $c_0 = 1,0$ .

V místech, kde to bude v PS požadováno, např. na izolovaných kopcích, hřebenech, srážech, strmých svazích, v úzkých údolích apod., se použije hodnota součinitele orografie, stanovená v PS (např. určená postupem 2 podle článku A.3 ČSN EN 1991-1-4 nebo na základě vyjádření Českého hydrometeorologického ústavu nebo podle dlouhodobých provozních zkušeností v konkrétní lokalitě). Obecně je vliv topografie zanedbatelný, je-li průměrný sklon návětrné strany terénu menší než 5%. Návětrnou stranu terénu lze uvažovat do vzdálenosti 10násobku referenční výšky složky nad zemí  $h$ .

Střední rychlost větru  $V_h(h)$  v m/s v referenční výšce nad zemí  $h$  se určuje použitím vztahu:

$$V_h(h) = V_{b,0} c_{dir} c_0 k_r \ln(h / z_0)$$

#### 4.3.3 Střední tlak větru

Střední tlak větru  $q_h(h)$  v N/m<sup>2</sup> v referenční výšce nad zemí  $h$  (m) je určen vztahem:

$$q_h(h) = \frac{1}{2} \rho V_h^2(h)$$

kde  $\rho$  je hustota vzduchu v kg/m<sup>3</sup>. Podle národní přílohy ČSN EN 1991-1-4 se v ČR pro výpočet středního tlaku větru  $q_h(h)$  uvažuje hustota vzduchu  $\rho = 1,25$  kg/m<sup>3</sup> nezávisle na teplotě vzduchu a nadmořské výšce  $H$ .

#### 4.3.4 Intenzita turbulence a maximální tlak větru

Intenzita turbulence  $l_v(h)$  v referenční výšce nad zemí  $h$  (m) je definována jako podíl směrodatné odchylky turbulence a střední rychlosti větru a je dána vztahem:

$$l_v(h) = 1 / [ c_0 \ln(h / z_0) ]$$

kde parametr drsnosti terénu  $z_0$  a součinitel orografie  $c_0$  jsou určeny v 4.3.2.

Maximální tlak větru  $q_p(h)$  v referenční výšce nad zemí  $h$ , který bere v úvahu intenzitu turbulence  $l_v(h)$ , je dán vztahem:

$$q_p(h) = [ 1 + 7 l_v(h) ] q_h(h)$$

kde střední tlak větru  $q_h(h)$  v referenční výšce  $h$  se stanoví podle 4.3.3.

### 4.3.5 Síla větru na libovolnou složku vedení

Hodnota síly větru  $Q_{Wx}$ , způsobené vodorovně vanoucím větrem v referenční výšce nad zemí  $h$  v kolmém směru na libovolnou složku vedení, je dána vztahem:

$$Q_{Wx} = q_p(h) G_x C_x A_x$$

kde je

$q_p(h)$  maximální tlak větru podle 4.3.4 ( $N/m^2$ );

$h$  referenční výška nad zemí (m), která se má použít pro uvažovanou složku vedení;

$G_x$  součinitel konstrukce pro uvažovanou složku vedení, který se vypočte podle metody, uvedené v ČSN EN 1991-1-4;

POZNÁMKA 1 V ČSN EN 1991-1-4 značka pro  $G_x$  je  $c_s c_d$ .

$C_x$  součinitel aerodynamického odporu (nebo součinitel síly), závislý na tvaru uvažované složky vedení;

$A_x$  průmět plochy uvažované složky vedení do roviny kolmé na směr větru ( $m^2$ ).

Všechny tyto parametry jsou pro každou složku vedení stanoveny v následujících člancích.

POZNÁMKA 2 V příloze C.1 je uveden příklad vyhodnocení zatížení větrem.

Uvedený výraz pro sílu větru platí pro referenční dobu návratu 50 let.

Pro stanovení nejkratších vzdušných vzdáleností podle kapitoly 5 se musí uvažovat se zatížením vodičů a izolátorových závěsů větrem s 10minutovou střední rychlostí větru (viz 4.3.2), tzn. se středním tlakem větru podle 4.3.3.

V zatěžovacím stavu Extrémní zatížení větrem, používaném pro kontrolu minimálních nejkratších vnitřních vzdáleností podle kapitoly 5, lze pak extrémní zatížení větrem s 10minutovou střední rychlostí a s referenční dobou návratu 50 let  $Q_{W50}$  při použití konzervativní hodnoty  $G_x = 1$  vypočítat ze vztahu

$$Q_{W50} = q_h(h) C_x A_x$$

Podobně v zatěžovacím stavu Jmenovité zatížení větrem, používaném pro kontrolu minimálních nejkratších vnitřních a vnějších vzdáleností podle kapitoly 5, lze pak jmenovité zatížení větrem s 10minutovou střední rychlostí a s dobou návratu 3 roky  $Q_{W3}$  při použití konzervativní hodnoty  $G_x = 1$  vypočítat ze vztahu

$$Q_{W3} = q_h(h) C_x A_x C_T^2$$

V těchto vztazích je

$q_h(h)$  střední tlak větru podle 4.3.3 ( $N/m^2$ ) v referenční výšce  $h$  (m), která se má použít pro uvažovanou složku vedení;

$C_T^2$  kvadrát převodního součinitele mezi rychlostmi větru s dobami návratu 3 roky a 50 let  $(V_3/V_{50})^2 = 0,58$ , (viz příloha B.2);

$C_x, A_x$  viz legenda výše v tomto článku.

## 4.4 Síly větru na složky venkovního vedení

### 4.4.1 Síly větru na vodiče

#### 4.4.1.1 Obecně

Tlak větru na vodiče vyvolává síly, působící příčně ke směru vedení, a zároveň zvyšuje tahy ve vodičích.

Celková síla větru na svazek fázových vodičů je definována jako součet sil na jednotlivé dílčí vodiče svazku bez uvažování možného stínícího efektu na závětrné vodiče.

Síla větru na podpěrný bod ze dvou sousedních rozpětí od každého jednotlivého vodiče nebo dílčího vodiče svazku je obecně (viz obrázek 4.1.a):

– ve směru konzoly:

$$Q_{Wc_v} = q_p(h) G_c C_c d \left[ \pm \frac{L_1}{2} \cos^2 \left( \phi + \frac{\theta_1}{2} \right) \cos \left( \frac{\theta_1}{2} \right) + \frac{L_2}{2} \cos^2 \left( \phi - \frac{\theta_2}{2} \right) \cos \left( \frac{\theta_2}{2} \right) \right]$$

– kolmo na konzolu:

$$Q_{Wc\_U} = q_p(h) G_c C_c d \left[ \pm \frac{L_1}{2} \cos^2 \left( \phi + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \left( \frac{\theta_1}{2} \right) - \frac{L_2}{2} \cos^2 \left( \phi - \frac{\theta_2}{2} \right) \sin \left( \frac{\theta_2}{2} \right) \right]$$

kde je

$q_p(h)$  maximální tlak větru podle 4.3.4 (N/m<sup>2</sup>);

$h$  referenční výška (m), která má být použita pro vodič;

$G_c$  součinitel konstrukce pro vodič (také nazývaný součinitel rozpětí);

$C_c$  součinitel aerodynamického odporu (nebo součinitel síly) pro vodič;

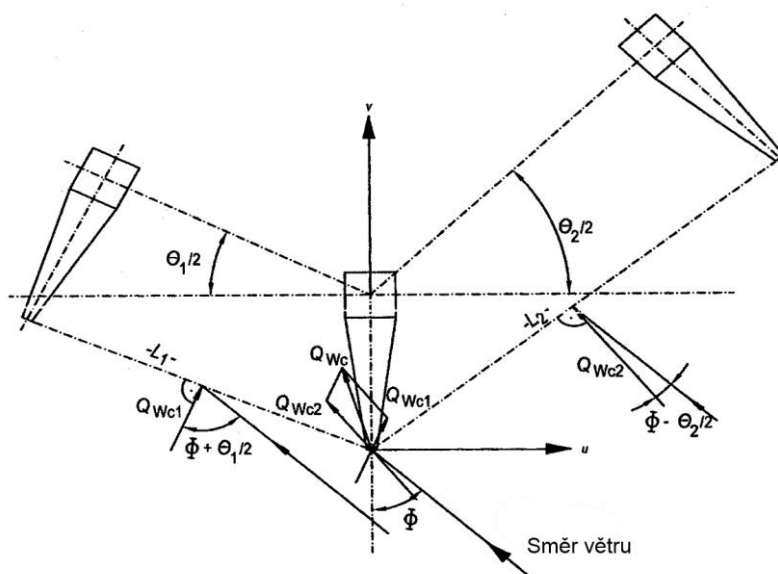
$d$  průměr vodiče (m);

$L_1, L_2$  délky dvou sousedních rozpětí (m);

$\phi$  úhel mezi směrem větru a podélnou osou konzoly, definovaný na obrázku 4.1.a;

$\theta_1, \theta_2$  ( $\theta_1 + \theta_2 = \theta$ ) úhel změny směru trasy, definovaný na obrázku 4.1.a.

POZNÁMKA 1 Uvedené vzorce platí pro  $0 \leq \phi \leq 90^\circ$ . Horní znaménka platí pro  $(\phi + \theta_1 / 2) \leq 90^\circ$ , spodní znaménka pro  $(\phi + \theta_1 / 2) > 90^\circ$ .



**Obrázek 4.1.a – Síly větru na vodiče – Obecný případ**

U podpěrného bodu v přímé trase je úhel  $\theta = \theta_1 = \theta_2$  roven 0. Proto

$$Q_{Wc\_V} = q_p(h) G_c C_c d \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2$$

a  $Q_{Wc\_U} = 0$

Pokud se uvažuje směr větru rovnoběžný s osou úhlu lomu trasy, je výsledná síla větru na rohový podpěrný bod ze dvou sousedních rozpětí (viz obrázek 4.1.b):

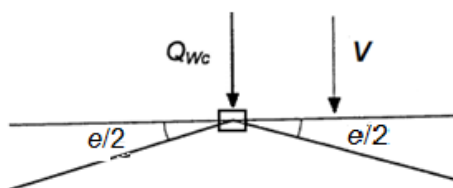
$$Q_{Wc\_V} = q_p(h) G_c C_c d \cos^3(\theta/2) (L_1 + L_2) / 2$$

a  $Q_{Wc\_U} = q_p(h) G_c C_c d \sin(\theta/2) \cos^2(\theta/2) (L_1 - L_2) / 2$

Je-li  $L_1 = L_2$ , pak

$$Q_{Wc\_U} = 0$$

Vzorce předpokládají stejný průměr  $d$  vodičů v přilehlých rozpětích. V opačném případě je třeba vzorce náležitě upravit.



**Obrázek 4.1.b – Síly větru na vodiče – Směr větru rovnoběžný s osou úhlu lomu trasy vedení**

Při výpočtu síly větru na vodič lze kromě výše uvedeného způsobu použít alternativní způsob výpočtu, kdy se celková síla větru na vodič, přenášená na podpěrný bod, stanoví jako součet polovin sil větru, působících na vodič v každém z obou přilehlých rozpětí. Hodnoty maximálního tlaku větru  $q_p(h)$  a součinitele konstrukce pro vodič  $G_c$  se vypočtou pro jednotlivá sousední rozpětí, přičemž referenční výška vodiče  $h$  nad zemí pro příslušné rozpětí se určí jako aritmetický průměr referenčních výšek  $h$  na podpěrných bodech, ohraničujících rozpětí.

Při výpočtu příčných sil větru na vodiče, přenášených na individuální podpěrné body, a při výpočtu tahu vodičů se za referenční výšky vodičů  $h$  nad zemí považují výšky závěsných bodů jednotlivých vodičů na podpěrném bodu nebo se referenční výšky vodičů určí níže uvedenou alternativní metodou střední výšky závěsných bodů vodičů na podpěrném bodu.

Není-li v PS stanoveno jinak, lze použít též konzervativnější způsob a za referenční výšky vodičů  $h$  nad zemí považovat výšky závěsných bodů izolátorových závěsů jednotlivých vodičů na podpěrném bodu nebo použít alternativní metodu střední výšky závěsných bodů izolátorových závěsů na podpěrném bodu.

#### Alternativní metoda

Za referenční výšku vodičů  $h$  nad zemí se pro všechny fázové vodiče jednoho systému považuje střední výška  $h_{pc}$  fázových vodičů tohoto systému na podpěrném bodu nad zemí podle vztahu

$$h_{pc} = (h_1 + h_2 + h_3)/3$$

kde jsou

$h_1, h_2, h_3$  výšky závěsných bodů jednotlivých fázových vodičů daného systému na podpěrném bodu nad zemí. Není-li v PS stanoveno jinak, lze místo výšek závěsných bodů fázových vodičů uvažovat výšky závěsných bodů izolátorových závěsů na podpěrném bodu.

Pro zemnicí lana se uvažují jejich individuální referenční výšky.

Pro různé systémy, umístěné na podpěrném bodu nad sebou, se střední výšky  $h_{pc}$  nad zemí určují pro každý systém samostatně.

Při výpočtu příčných sil větru na vodiče a při výpočtu tahu vodičů nemusí být použity stejné metody pro určení referenčních výšek vodičů.

**POZNÁMKA 2** V ČSN EN 50341-1 jsou v 4.4.1.1 uvedeny různé způsoby určení referenčních výšek vodičů. Způsob určení referenčních výšek jednotlivých vodičů, odpovídajících výškám jejich závěsných bodů na podpěrném bodu, se shoduje se způsobem 4 podle tabulky 4.3 ČSN EN 50341-1. Jestliže se místo výšek závěsných bodů vodičů uvažují výšky závěsných bodů izolátorových závěsů na podpěrném bodu, shoduje se tento způsob se způsobem 7 podle tabulky 4.3 ČSN EN 50341-1. Alternativní metoda, uvedená výše, je podobná metodě 6 (případně 9, uvažují-li se výšky závěsných bodů izolátorových závěsů), uvedená v tabulce 4.3 ČSN EN 50341-1 s tím rozdílem, že se neurčuje společná střední výška pro všechny vodiče na podpěrném bodu, ale určuje se střední výška pro fázové vodiče a referenční výška pro zemnicí lana se určuje samostatně. U vedení s více systémy, umístěnými pod sebou, tato metoda umožňuje stanovit střední výšky fázových vodičů pro tyto systémy samostatně.

**POZNÁMKA 3** V příkladu použití C.1.1 v příloze jsou referenční výšky vodičů určeny jako výšky závěsných bodů jednotlivých vodičů a v příkladu použití C.1.2 je použita výše uvedená alternativní metoda střední výšky závěsných bodů fázových vodičů.

Při výpočtu mechanického tahu vodiče v kotevním úseku je třeba vzít v úvahu účinek sil větru na vodič.

Umožňují-li závěsy vodičů na nosných podpěrných bodech vyrovnávání tahů vodičů v sousedních rozpětích, pak se při výpočtu tahu vodičů může pro všechny fázové vodiče uvažovaného systému v celém kotevním úseku zvolit stejná referenční výška  $h$  nebo se může zvolit jednotná referenční výška  $h$  pro každý jednotlivý vodič v celém kotevním úseku. Zvolená referenční výška  $h$  fázových vodičů uvažovaného systému však nesmí být menší než průměrná hodnota středních výšek  $h_{pc}$  fázových vodičů tohoto systému na všech podpěrných bodech

kotevního úseku a zvolená referenční výška  $h$  jednotlivého vodiče nesmí být menší než průměrná hodnota výšek  $h$  tohoto vodiče na všech podpěrných bodech kotevního úseku.

V takovém případě lze při výpočtu tahu vodiče vzít v úvahu také snížení vlivu tlaku větru v důsledku délky kotevního úseku a použít součinitel konstrukce (součinitel rozpětí), založený na délce kotevního úseku vedení (viz poslední odstavec 4.4.1.2).

Umožňují-li závěsy vodičů na nosných podpěrných bodech vyrovnávání tahů vodičů v sousedních rozpětích, pak se při výpočtu tahu vodičů v kotevním úseku může použít tzv. střední rozpětí (viz POZNÁMKA 2 v 4.12.1.1).

#### 4.4.1.2 Součinitel konstrukce

Součinitel konstrukce  $G_c$  je dán výrazem:

$$G_c = \frac{1 + 6I_v(h)\sqrt{B^2}}{1 + 7I_v(h)}$$

kde je

$I_v(h)$  intenzita turbulence podle 4.3.4;

$B^2$  součinitel odezvy pozadí, zohledňující nedostatek plné korelace tlaku na rozpětí.

Hodnota  $B^2$  se určí podle výrazu:

$$B^2 = \frac{1}{1 + \frac{3}{2} \times \frac{L_m}{L(h)}}$$

kde je

$L_m$  střední hodnota délek obou sousedních rozpětí:  $L_m = (L_1 + L_2) / 2$  (m);

$L(h)$  měřítko délky turbulence (průměrná délka nárazu větru v m) v referenční výšce vodiče  $h$  (m), dané výrazem:

$$L(h) = 300 \left( \frac{h}{200} \right)^{0,67 + 0,05 \ln(z_0)}$$

kde je

$z_0$  parametr drsnosti terénu, definovaný v 4.3.2.

POZNÁMKA Shora uvedený vztah pro  $G_c$  je odvozen z obecnějšího vzorce z ČSN EN 1991-1-4 dosazením hodnoty součinitele maximální hodnoty  $k_p = 3$  a doporučené hodnoty součinitele rezonanční části odezvy  $R^2 = 0$  (viz 4.4.1.2 v ČSN EN 50341-1).

Hodnoty součinitele konstrukce pro vodič  $G_c$  jsou pro různé referenční výšky a různé délky rozpětí pro nejčastěji se vyskytující kategorii terénu II uvedeny v následující tabulce 4.3. Pro délky rozpětí kratší než 100 m se musí uvažovat součinitel konstrukce  $G_c$  pro délku rozpětí 100 m.

Hodnoty pro kategorie terénu I, III a IV lze nalézt v ČSN EN 50341-1 (tabulky 4.4.b, 4.4.d a 4.4.e).

**Tabulka 4.3 – Hodnoty  $G_c$  pro kategorii terénu II**

		Referenční výška $h$ vodiče (m)										
$z_0$ (m)	$L_m$ (m)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0,05	100	0,70	0,73	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81
	200	0,63	0,66	0,68	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75
	300	0,60	0,63	0,65	0,67	0,68	0,69	0,70	0,70	0,71	0,72	0,72
	400	0,58	0,61	0,63	0,64	0,66	0,66	0,67	0,68	0,69	0,69	0,70
	500	0,57	0,59	0,61	0,63	0,64	0,65	0,66	0,66	0,67	0,68	0,68
	600	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63	0,64	0,64	0,65	0,66	0,66	0,67
	700	0,55	0,57	0,59	0,61	0,62	0,63	0,63	0,64	0,65	0,65	0,66
	800	0,54	0,57	0,58	0,60	0,61	0,62	0,63	0,63	0,64	0,64	0,65

Umožňují-li izolátorové závěsy na nosných podpěrných bodech vyrovnávání tahů vodičů v sousedních rozpětích, pak se při výpočtu tahu vodičů v kotevním úseku při zatížení větrem součinitel konstrukce  $G_c$  pro vodiče stanoví podle výše uvedených vztahů, kde ve vztahu pro součinitel odezvy pozadí  $B^2$  se za  $L_m$  dosadí délka kotevního úseku (ne však více než 3 000 m) a  $h$  je referenční výška vodiče (resp. vodičů) v kotevním úseku podle 4.4.1.1.

#### 4.4.1.3 Součinitel aerodynamického odporu

Součinitel aerodynamického odporu pro běžně používané slané vodiče a rychlosti větru  $C_c = 1$ . Tato hodnota se použije i pro izolované vodiče.

#### 4.4.2 Síly větru na izolátorové závěsy

Síly větru na izolátorové závěsy vyplývají ze sil větru na vodiče a také z tlaku větru na samotné izolátorové závěsy.

Síla větru, způsobená tlakem větru na samotný izolátorový závěs, působící ve směru větru v každém závěsném bodu na podpěrném bodu, je daná výrazem:

$$Q_{Wins} = q_p(h) G_{ins} C_{ins} A_{ins}$$

kde je

$q_p(h)$  maximální tlak větru podle 4.3.4 ( $N/m^2$ );

$h$  referenční výška nad zemí, která se má použít pro izolátorový závěs, což je výška závěsného bodu na podpěrném bodu (m);

$G_{ins}$  součinitel konstrukce pro izolátorový závěs. Doporučená hodnota je 1 (platí doporučená hodnota);

$C_{ins}$  součinitel aerodynamického odporu pro izolátorový závěs. Doporučená hodnota je 1,2 (platí doporučená hodnota);

$A_{ins}$  plocha izolátorového závěsu, promítnutá vodorovně na vslou rovnoběžnou s osou izolátorového řetězce ( $m^2$ ).

U dvojitých nebo vícenásobných izolátorových závěsů při směru větru rovnoběžném s rovinou, procházející osami paralelních izolátorových řetězců, se síla větru na izolátorové řetězce v závětrí stanoví jako 40% síly větru na návětrné izolátorové řetězce.

Jsou-li referenční výšky vodičů stanoveny podle 4.4.1.1 s použitím výšek závěsných bodů izolátorových závěsů na podpěrném bodu a není-li v PS uvedeno jinak, lze síly větru na izolátorové závěsu pro návrh podpěrných bodů zanedbat.

#### 4.4.3 Síly větru na příhradové stožáry

##### 4.4.3.1 Obecně

Síly větru na příhradové stožáry pocházejí ze sil, přenášených z vodičů a izolátorů, a z tlaků větru na vlastní konstrukci stožáru.

Pro výpočet sil větru na vlastní příhradové stožáry se stožár rozdělí na řadu polí (sekcí). Součinitel aerodynamického odporu je závislý na prutové konstrukci pole stožáru a zohledňuje stínící vliv návětrné strany konstrukce na závětrnou stranu konstrukce. Síla větru na každé pole běžného příhradového stožáru s pravouhlým průřezem z prvků s plochým povrchem se stanoví podle 4.4.3.2.

POZNÁMKA 1 ČSN EN 50341-1 uvádí pro výpočet síly větru na vlastní stožár v 4.4.3.1 kromě výše uvedeného způsobu (metoda 1), který se použije pro běžné příhradové konstrukce s pravouhlým průřezem, ještě druhý způsob (metoda 2), podle kterého se uvažuje síla větru na každý jednotlivý prvek konstrukce samostatně, přičemž aerodynamický součinitel se váže k prvkům stožáru bez ohledu na jakékoliv stínící účinky. Tato metoda se doporučuje pro nepravidelné geometrie stožáru, zvláště pro konzoly. Způsob výpočtu podle metody 2 je podrobně popsán v 4.4.3.3 ČSN EN 50341-1.

Referenční výška nad zemí  $h$  se při výpočtu síly větru na každé pole stožáru bere rovna výšce geometrického středu uvažovaného pole stožáru nad zemí. Je-li výška geometrického středu uvažovaného pole stožáru nad zemí menší než 10 m, uvažuje se pro toto pole referenční výška 10 m.

POZNÁMKA 2 V ČSN EN 50341-1 je kromě výše uvedeného způsobu určení referenční výšky  $h$ , který se v ČR použije pro stožáry vedení se jmenovitým napětím nad 45 kV, ještě další způsob, kdy se pro všechna pole stožáru nebo pro všechny prvky stožáru uvažuje jednotná referenční výška, která odpovídá procentní části celkové výšky stožáru. Doporučená hodnota je 60 %.



POZNÁMKA 3 Pro stožáry s trojúhelníkovým průřezem a pro stožáry s kruhovými profily lze alternativní metody pro určení sil větru nalézt v ČSN EN 1993-3-1.

#### 4.4.3.2 Síla větru na příhradový stožár s pravoúhlým průřezem (metoda 1 podle ČSN EN 50341-1)

Složka síly  $Q_{Wt}$ , působící ve směru větru v těžišti každého pole stožáru, je dána následujícím výrazem:

$$Q_{Wt} = q_p(h) G_t (1 + 0,2 \sin^2 2\phi) (C_{t1} A_{t1} \cos^2 \phi + C_{t2} A_{t2} \sin^2 \phi)$$

kde je

$q_p(h)$  maximální tlak větru podle 4.3.4 ( $N/m^2$ );

$h$  referenční výška nad zemí, která se má použít pro uvažované pole příhradového stožáru (m);

$G_t$  součinitel konstrukce pro příhradový stožár. Použije se hodnota  $G_t = 0,9$ , pro stožáry vyšší než 60 m  
 $G_t = 1,0$ .

$C_{t1}, C_{t2}$  součinitel aerodynamického odporu pro stěnu 1 (resp. pro stěnu 2) panelu uvažovaného pole příhradového stožáru pro vítr ve směru kolmém na tuto stěnu panelu;

$A_{t1}, A_{t2}$  účinná plocha prvků stěny 1 (resp. stěny 2) panelu uvažovaného pole příhradového stožáru ( $m^2$ );

$\phi$  úhel mezi směrem větru a podélnou osou příhradové konzoly.

Složku síly, působící příčně ke směru větru, lze zanedbat.

Na obrázku 4.2 jsou znázorněny definice stěny panelu příhradového stožáru, účinné plochy, úhlu směru větru a součinitele plnosti  $\chi$ .

POZNÁMKA Hodnota  $G_t = 0,9$  je založena na výpočtech podle vztahů, uvedených v 4.4.3.2 ČSN EN 50341-1, které jsou založeny na příloze C ČSN EN 1991-1-4:2005 a poskytují hodnoty  $G_t$  menší než 0,9.

Sílu větru na příhradové konzoly lze přibližně určit podle vzorce:

$$Q_{Wtc} = q_p(h) G_t C_{tc} A_{tc} (\sin \phi + 0,4 \cos \phi)$$

kde je

$q_p(h)$  maximální tlak větru podle 4.3.4 ( $N/m^2$ );

$h$  referenční výška nad zemí, uvažovaná pro příhradovou konzolu (m);

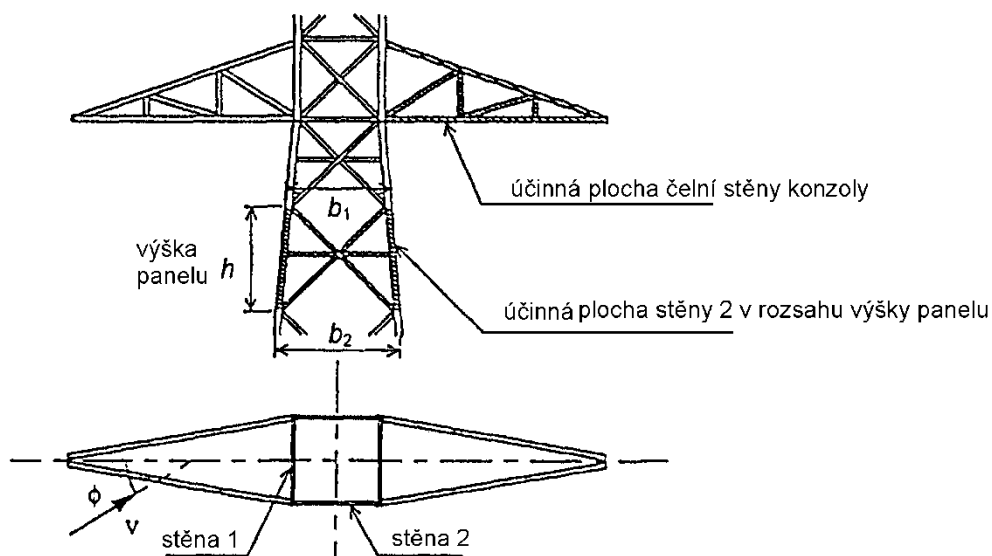
$G_{tc}$  součinitel konstrukce pro příhradové konzoly. Použije se hodnota  $G_{tc} = 0,9$ , u stožárů vyšších než 60 m  
 $G_{tc} = 1,0$ .

$C_{tc}$  součinitel aerodynamického odporu pro stěnu příhradové konzoly pro vítr ve směru kolmém na podélnou osu konzoly;

$A_{tc}$  účinná plocha prvků stěny příhradové konzoly vystavené větru ( $m^2$ );

$\phi$  úhel mezi směrem větru a podélnou osou příhradové konzoly.

Na obrázku 4.2 jsou znázorněny definice stěny panelu příhradové konzoly, účinné plochy, úhlu směru větru a součinitele plnosti  $\chi$ .



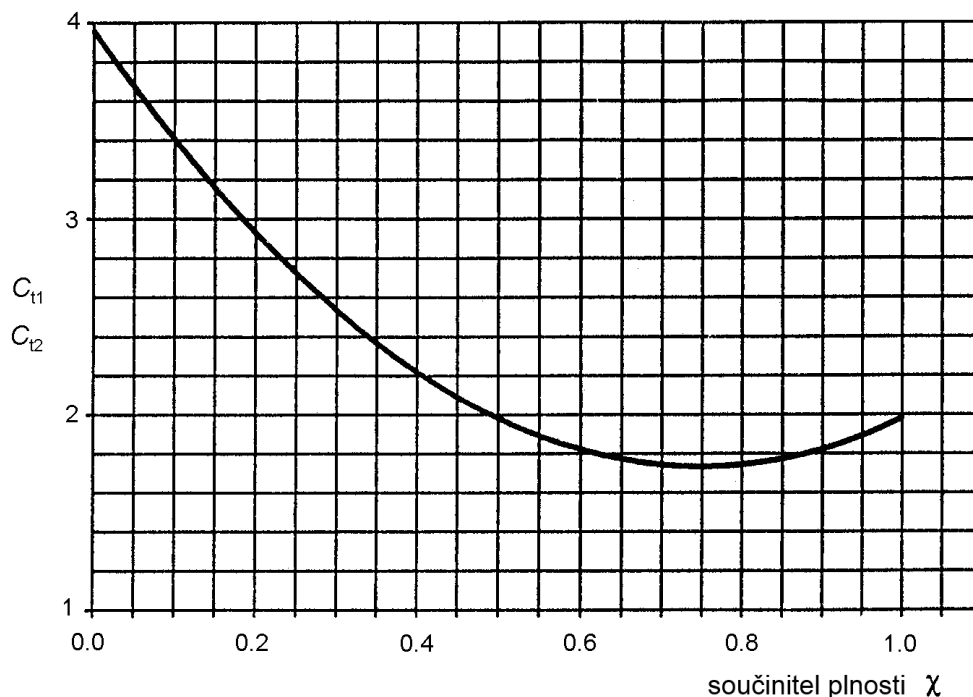
$$\chi = A_t \frac{2}{h(b_1 + b_2)}$$

**Obrázek 4.2 – Definice stěny panelu stožáru, konzoly a součinitele plnosti,  $\chi$**

Součinitel aerodynamického odporu  $C_{t1}$  (respektive  $C_{t2}$  a  $C_{tc}$ ) se určuje v závislosti na součiniteli plnosti  $\chi$ , definovaném na obrázku 4.2, a je vyjádřen následujícím vztahem:

$$C_{t1} \text{ (respektive } C_{t2} \text{ a } C_{tc}) = 3,96 (1 - 1,5 \chi + \chi^2)$$

Hodnoty součinitele aerodynamického odporu jsou dány na obrázku 4.3.



**Obrázek 4.3 – Součinitel aerodynamického odporu pro stožáry pravoúhlého průřezu složené z prvků s plochým povrchem**

#### 4.4.4 Síly větru na sloupy

Síly větru na sloupy (ocelové, betonové, dřevěné apod.) pocházejí ze sil, přenášených z vodičů a izolátorů, a z tlaku větru na vlastní sloup.

Při výpočtu sil větru na sloupy se sloup se rozdělí na řadu polí (sekcí) a referenční výška každého pole je výška nad zemí geometrického středu uvažovaného pole sloupu.

POZNÁMKA 1 V ČSN EN 50341-1 je kromě výše uvedeného způsobu určení referenční výšky  $h$  uveden ještě další způsob, kdy se pro celý sloup uvažuje jednotná referenční výška, která odpovídá procentní části celkové výšky stožáru. Doporučená hodnota je 60 %. Tento způsob se pro sloupy vedení o jmenovitém napětí nad 45 kV nepoužije.

Síla větru na pole sloupu se určí ze vztahu:

$$Q_{Wpol} = q_p(h) G_{pol} C_{pol} A_{pol}$$

kde je

$q_p(h)$  maximální tlak větru podle 4.3.4 ( $N/m^2$ );

$h$  referenční výška pole sloupu nad zemí (m);

$G_{pol}$  součinitel konstrukce pro sloup. Použije se hodnota  $G_{pol} = 0,9$ , pro sloupy vyšší než 60 m  $G_{pol} = 1,0$ .

$C_{pol}$  aerodynamický součinitel pro sloup;

$A_{pol}$  plocha průmětu pole sloupu do svislé roviny kolmé ke směru větru ( $m^2$ ).

Reprezentativní aerodynamické součinitele  $C_{pol}$  :

- ocelové, betonové, kompozitní nebo dřevěné lepené sloupy
 

s průřezem s ostrými hranami	1,8
s šestibokým průřezem	1,4
s osmibokým nebo desetibokým průřezem	1,2
s dvanáctibokým průřezem	1,0
s šestnáctibokým průřezem	0,7
s kruhovým průřezem	0,7
- dřevěné sloupy (z rostlého dřeva) s kruhovým průřezem 0,9
- dřevěné sloupy (z rostlého dřeva) s kruhovým průřezem, zdvojené nebo uspořádané do tvaru A
 

v rovině sloupu pro část sloupu vystavenou větru	0,9
v rovině sloupu pro závětrný sloup celé konstrukce	
pro $a < 2 d_m$	0
pro $2 d_m \leq a \leq 6 d_m$	0,35
pro $a > 6 d_m$	0,7
kolmo na rovinu sloupu pro $a < 2 d_m$	0,9

kde je

$a$  vzdálenost mezi oběma sloupy v polovině výšky konstrukce;

$d_m$  průměrná hodnota středních průměrů obou samostatných sloupů.

POZNÁMKA 2 Uvedené reprezentativní hodnoty aerodynamických součinitelů  $C_{pol}$  jsou založené na ČSN EN 1991-1-4 a je v nich zohledněn součinitel koncového efektu ( $\psi_{\lambda}$ ) rovný 0,9 pro štíhlost ( $\lambda$ ) rovnou 60.

Pro větší přesnost, zvláště u sloupů s pravoúhlým profilem, se odkazuje na ČSN EN 1991-1-4.

#### 4.4.5 Síla větru na letecké výstražné koule

Při výpočtu sil větru na letecké výstražné koule se použije součinitel aerodynamického odporu  $C_x = 0,4$  a stejná referenční výška  $h$  nad zemí jako referenční výška vodiče, na kterém jsou koule upevněny. Jsou-li výstražné koule rozmístěny na vodiči v rozpětí v pravidelných vzdálenostech mezi sebou a od závěsných bodů vodiče, lze pro výstražné koule použít stejnou hodnotu součinitele konstrukce jako pro vodič, na kterém jsou instalovány ( $G_x = G_c$ ). V ostatních případech se použije konzervativní hodnota součinitele konstrukce  $G_x = 1,0$ .

## 4.5 Zatížení námrazou

### 4.5.1 Obecně

#### 4.5.1.1 Všeobecné informace

V tomto článku jsou uvedena pravidla pro určení sil na vodiče, vyvolaných námrazou,  $Q$ . Pokud to lze, mohou se pravidla použít i pro kotevní lana atd.

V závislosti na průběhu tvorby námrazy existují dva hlavní typy atmosférické námrazy:

- srážková námraza, což může být mokřý sníh nebo ledovka;
- námraza z oblačnosti ve formě lehké nebo těžké jinovatky.

Pro účely stanovení zatížení námrazou na složkách vedení podle této normy se bere v úvahu pouze námraza z oblačnosti ve formě jinovatky.

Při určování návrhových hodnot zatížení námrazou je třeba uvažovat, pokud je to nezbytné, i vliv terénu. Pro stanovení jeho vlivu však nelze poskytnout jednoduchá a obecná pravidla.

Pokud se vedení nachází v různých klimatických a atmosférických podmínkách, je nezbytné vedení rozdělit na úseky.

U vedení, kde se předpokládá odstraňování námrazy během jejího nárůstu (např. stíráním, vyhříváním apod.), lze zatížení námrazou přiměřeně snížit.

Zatížení ostatních složek vedení námrazou lze odvodit ze zatížení vodičů, ale tato norma se tím zvláště nezabývá.

Pokud není v PS uvedeno jinak, zatížení námrazou na podpěrných bodech a izolátorových závěsech se nebere v úvahu.

Pro příslušenství větších rozměrů, umístěné na vodičích, se předpokládá zatížení námrazou o tloušťce, odpovídající tloušťce námrazy na vodiči o průměru 30 mm v příslušné námrazové oblasti.

#### 4.5.1.2 Námrazové oblasti

Pro účely stanovení zatížení námrazou je území České republiky rozděleno na námrazové oblasti, které jsou znázorněny v Mapě námrazových oblastí na území ČR, která tvoří informativní přílohu S této normy. Námrazové oblasti jsou charakterizovány hmotností námrazy na jednotku délky vodiče (v kg/m) o průměru 30 mm ve výšce 10 m nad zemí.

Zařazení trasy vedení nebo jejích částí do příslušných námrazových oblastí pro účely návrhu musí být určeno v PS s přihlédnutím k výše uvedené Mapě námrazových oblastí, dlouhodobým zkušenostem provozovatele distribuční nebo přenosové soustavy v příslušné oblasti, případně s přihlédnutím k doporučení specializované organizace.

#### 4.5.1.3 Extrémní referenční a extrémní zatížení námrazou na vodičích

Extrémní referenční zatížení námrazou na vodičích o průměru  $d$  ve výšce 10 m nad zemí  $I_{R50}$  je uvedeno v následující tabulce 4.4.

Tabulka 4.4 – Extrémní referenční zatížení námrazou na vodičích

Námrazová oblast	Extrémní referenční zatížení námrazou na jednotku délky vodiče $l_{R50}$ (N/m) o průměru $d$ (mm)	
	$d \leq 30$ mm	$d > 30$ mm
I-0	$(1,064 + 0,1280 d)^{1)}$	$(3,963 + 0,0314 d)^{1)}$
I-1	$3,175 + 0,2212 d$	$8,515 + 0,0432 d$
I-2	$8,661 + 0,3653 d$	$17,53 + 0,070 d$
I-3	$15,00 + 0,481 d$	$25,46 + 0,132 d$
I-5	$29,00 + 0,668 d$	$43,84 + 0,174 d$
I-8	$51,70 + 0,893 d$	$73,89 + 0,153 d$
I-12	$83,66 + 1,135 d$	$107,80 + 0,330 d$
I-18	$133,53 + 1,435 d$	176,58
I-K	Stanoví se případ od případu	
1) V námrazové oblasti I-0 se pro účely návrhu uvažuje zatížení námrazou jako v námrazové oblasti I-1.		

POZNÁMKA 1 Výše uvedená referenční zatížení námrazou byla odvozena ze statisticky zpracovaných naměřených hmotností námrazy na měrné tyči o průměru 30 mm pro dobu návratu 50 let. Hmotnost námrazy na vodiči o průměru 30 mm v příslušné námrazové oblasti je specifikována číslem za symbolem I, tj. do 0,5 kg/m v oblasti I-0, do 1 kg/m v oblasti I-1, do 2 kg/m v oblasti I-2, do 3 kg/m v oblasti I-3 atd.

Extrémní zatížení námrazou na jednotku délky vodiče  $l_{50}$  (N/m) ve výšce  $h$  nad zemí se určí ze vztahu

$$l_{50} = K_{ic} K_h(h) l_{R50},$$

kde je

$l_{R50}$  extrémní referenční zatížení námrazou na jednotku délky vodiče o průměru  $d$  ve výšce 10 m nad zemí s dobou návratu  $T = 50$  let podle tabulky 4.4 (N/m);

$K_{ic}$  součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou;

$K_h(h)$  součinitel výšky pro zatížení námrazou.

V PS může být pro vymezenou oblast uvedena hodnota součinitele místních podmínek pro zatížení námrazou,  $K_{ic} \neq 1$ , vyjadřující odchylku od extrémního referenčního zatížení námrazou v příslušném místě, založená na dlouhodobých zkušenostech provozovatele distribuční nebo přenosové soustavy v příslušné oblasti. Není-li v PS uvedeno jinak, je  $K_{ic} = 1,0$ .

V PS může být pro vymezenou oblast stanovena hodnota součinitele výšky pro zatížení námrazou  $K_h(h) > 1$ , vyjadřující závislost extrémního zatížení námrazou na výšce nad zemí, založená na dlouhodobých zkušenostech provozovatele distribuční nebo přenosové soustavy v příslušné oblasti. Není-li v PS uvedeno jinak, je  $K_h(h) = 1,0$ .

Je-li v PS požadováno uvažovat závislost zatížení námrazou na výšce nad zemí, musí PS současně stanovit hodnoty součinitele výšky pro zatížení námrazou  $K_h(h)$  nebo pravidla pro jejich určení.

Jako návod jsou v následující tabulce 4.5 uvedeny indikativní hodnoty součinitele výšky pro zatížení námrazou. Referenční výška vodiče se určí podle 4.4.1.1.

Tabulka 4.5 - Součinitel výšky pro zatížení námrazou  $K_h(h)$ 

Součinitel výšky pro zatížení námrazou	Referenční výška $h$ (m)		
	$10 < h \leq 30$	$30 < h \leq 50$	$50 < h \leq 70$
$K_h(h)$	1,09	1,20	1,26

POZNÁMKA 2 Hodnoty v tabulce 4.5 jsou odvozeny pro výšku  $h$  uprostřed pásma ze vztahu

$$K_h(h) = \left( \frac{h}{10} \right)^{0,13}$$

kde je

$h$  referenční výška nad zemí (m).

#### 4.5.2 Zatížení vodičů námrazou

Námraza na vodičích působí svislé síly a vyvolává také zvýšení tahu ve vodičích. Svislé zatížení námrazou ze dvou sousedních polí, kterým působí na podpěrný bod každý z dílčích vodičů, je

$$Q_1 = I (L_{W1} + L_{W2})$$

kde je

$I$  zatížení námrazou na jednotku délky vodiče (N/m);

$L_{W1}$  a  $L_{W2}$  váhové délky (příspěvky váhového rozpětí) z obou přilehlých rozpětí (m).

Příspěvky váhového rozpětí ze dvou sousedních rozpětí,  $L_{W1}$  a  $L_{W2}$ , závisí na průhybu omrzlého vodiče a na vodorovných a svislých vzdálenostech mezi jejich závěsnými body.

#### 4.5.3 Zatížení izolátorových závěsů námrazou

Je-li v PS požadováno uvažovat svislá zatížení izolátorových závěsů námrazou, musí PS současně stanovit požadavky na tato zatížení.

Jako návod jsou pro stanovení svislého zatížení izolátorových závěsů tíhou námrazy uvedeny indikativní hodnoty charakteristického zatížení námrazou na 1 m délky izolátorového řetězce v následující tabulce 4.6.

**Tabulka 4.6 – Indikativní hodnoty zatížení izolátorových řetězců tíhou námrazy**

Námrazová oblast	I-0, I-1, I-2, I-3	I-5	I-8	I-12	I-18
Tíha námrazy na 1 m délky izolátorového řetězce (N)	obvykle se neuvažuje	310	500	750	1 100
Jsou-li v PS stanoveny hodnoty součinitele místních podmínek pro zatížení námrazou $K_c \neq 1$ a/nebo součinitele výšky pro zatížení námrazou $K_h(h) > 1$ podle 4.5.1.3, uvedená zatížení izolátorových závěsů se vynásobí těmito součiniteli.					

Je-li v PS požadováno uvažovat kombinované zatížení izolátorových závěsů námrazou a větrem, lze informace nalézt v 4.6.8.

#### 4.5.4 Zatížení námrazou na podpěrných bodech

Je-li v PS požadováno uvažovat svislá zatížení podpěrných bodů námrazou, musí PS současně stanovit požadavky na tato zatížení.

### 4.6 Kombinované zatížení větrem a námrazou

#### 4.6.1 Kombinované pravděpodobnosti

Tato norma se podrobně zabývá pouze kombinovanými zatíženími větrem a námrazou na vodiče. Při určování zatížení větrem na omrzlé podpěrné body a izolátory se může postupovat podobně, s použitím příslušných součinitelů aerodynamického odporu.

Účinek větru na omrzlý vodič je určen třemi proměnnými:

- rychlostí větru v době, kdy je vodič pokrytý námrazou;
- hmotností námrazové vrstvy;
- tvarem námrazové vrstvy, tj. průměrem a příslušným součinitelem aerodynamického odporu.

V této normě se při určování tohoto účinku používá zjednodušená metoda, která bere v úvahu dvě hlavní kombinace:

- extrémní zatížení námrazou (nebo zatížení námrazou s nízkou pravděpodobností)  $h$ , kombinované s rychlostí větru s vysokou pravděpodobností  $V_H$  (popsané v 4.6.6.1);
- jmenovité zatížení námrazou (nebo zatížení námrazou s vysokou pravděpodobností)  $l_3$ , kombinované s rychlostí větru s nízkou pravděpodobností  $V_{IL}$  (popsané v 4.6.6.2).

V 4.6.6.1 a 4.6.6.2 jsou pro tyto kombinace zatížení uvedeny též hodnoty příslušných součinitelů pro kombináční hodnoty zatížení.

Zatížení větrem při různých kombinacích nastává v každém případě současně se svislým zatížením, působícím současně se vyskytující námrazou.

Vývojový diagram 4.2 shrnuje strukturu článku 4.6 o kombinovaném zatížení větrem a námrazou.





#### 4.6.2 Součinitele aerodynamického odporu a hustoty námrazy

Pro účely stanovení zatížení námrazou na složkách vedení podle této normy bere v úvahu pouze námraza z oblačnosti ve formě jinovatky o hustotě  $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$  a hodnota součinitele aerodynamického odporu pro vodiče pokryté námrazou  $C_{ic} = 1,1$  nezávisle na průměru vodiče a velikosti námrazy.

Při výpočtu sil větru na omrzlé příslušenství vodičů se obecně předpokládá zvětšení promítnuté plochy příslušenství tloušťkou námrazy, odpovídající tloušťce námrazy  $t$  na vodiči o průměru 30 mm ve stejné kombinaci zatížení větrem a námrazou a za stejných podmínek, které platí pro vodič, na kterém je příslušenství umístěno, a příslušný součinitel aerodynamického odporu  $C_{ix}$  pro omrzlé příslušenství.

POZNÁMKA Tloušťka námrazy  $t$  (mm) na vodiči o průměru 30 mm se vypočte ze vzorce

$$t = \sqrt{(225 + 64,9 I)} - 15$$

kde  $I$  je zatížení námrazou na jednotku délky vodiče o průměru 30 mm (N/m) pro aktuální kombinaci.

Při výpočtu síly větru na letecké výstražné koule, pokryté námrazou, se předpokládá zvětšení poloměru výstražné koule o tloušťku námrazy  $t$  na vodiči o průměru 30 mm a použije se hodnota součinitele konstrukce  $G_x$  podle 4.4.5 a hodnota součinitele aerodynamického odporu  $C_{ix}$ , závislá na tloušťce námrazy  $t$ , podle následující tabulky 4.7.

**Tabulka 4.7 – Součinitel aerodynamického odporu  $C_{ix}$  pro letecké výstražné koule, pokryté námrazou**

Tloušťka námrazy $t$ (mm)	$t < 14$	$14 \leq t < 30$	$30 \leq t < 40$	$40 \leq t \leq 75$	$t > 75$
Součinitel aerodynamického odporu $C_{ix}$	0,7	0,85	1,0	1,15	1,3

#### 4.6.3 Střední tlak větru a maximální tlak větru

Střední tlak větru  $q_{lh}$  (v  $\text{N/m}^2$ ), spojený s námrazou, se vypočítá stejně jako v 4.3.3:

$$q_{lh}(h) = \frac{1}{2} \rho V_{lh}^2(h)$$

kde je

$\rho$  hustota vzduchu v  $\text{kg/m}^3$  (viz 4.3.3);

$V_{lh}(h)$  střední rychlost větru v referenční výšce  $h$  nad terénem pro aktuální kombinaci podle 4.6.1 (tj.  $V_{IH}$  pro kombinaci podle 4.6.6.1,  $V_{IL}$  pro kombinaci podle 4.6.6.2);

Maximální tlak větru  $q_{lp}(h)$  ve výšce  $h$  nad terénem se vypočítá stejně jako v 4.3.4:

$$q_{lp}(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_{lh}(h)$$

kde je

$q_{lh}(h)$  střední tlak větru (viz výše);

$I_v(h)$  intenzita turbulence (viz 4.3.4).

#### 4.6.4 Ekvivalentní průměr $D$ vodiče pokrytého námrazou

I v případě, kdy je tvar námrazy spíše nepravidelný, se v této normě předpokládá její ekvivalentní válcový tvar s průměrem  $D$ :

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 I}{9,81 \pi \rho_I}}$$

kde je

$d$  průměr vodiče (m);

$I$  zatížení námrazou na jednotku délky vodiče (N/m) pro aktuální kombinaci podle 4.6.1 (pro kombinaci zatížení podle 4.6.6.1  $I = I_T = \gamma_I I_{50}$ , pro kombinaci zatížení podle 4.6.6.2  $I = \Psi_I I_{50}$ );

$\rho$  hustota námrazy ( $\text{kg/m}^3$ ), podle této normy  $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ .

#### 4.6.5 Zatížení podpěrných bodů silou větru na vodiče, pokryté námrazou

Síla větru na vodiče pokryté námrazou je udána analogicky k síle, popsané podrobně v 4.4.1, a je vyjádřena jako:

- ve směru konzoly:

$$Q_{Wic\_V} = q_p(h) G_c C_{ic} D \left[ \pm \frac{L_1}{2} \cos^2\left(\phi + \frac{\theta_1}{2}\right) \cos\left(\frac{\theta_1}{2}\right) + \frac{L_2}{2} \cos^2\left(\phi - \frac{\theta_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\theta_2}{2}\right) \right]$$

- kolmo na konzolu:

$$Q_{Wic\_U} = q_p(h) G_c C_{ic} D \left[ \pm \frac{L_1}{2} \cos^2\left(\phi + \frac{\theta_1}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right) - \frac{L_2}{2} \cos^2\left(\phi - \frac{\theta_2}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta_2}{2}\right) \right]$$

kde je

- $q_p(h)$  maximální tlak větru podle 4.6.3 ( $N/m^2$ );
- $h$  referenční výška (m), která má být použita pro vodič (viz 4.4.1.1);
- $G_c$  součinitel konstrukce pro vodič (viz 4.4.1.2);
- $C_{ic}$  součinitel aerodynamického odporu pro vodič pokrytý námrazou podle 4.6.2 ( $C_{ic} = 1,1$ );
- $D$  ekvivalentní průměr vodiče pokrytého námrazou (m) podle 4.6.4;
- $L_1, L_2$  délky dvou sousedních rozpětí (m);
- $\phi$  úhel mezi směrem větru a podélnou osou konzoly, definovaný na obrázku 4.1.a;
- $\theta_1, \theta_2$  ( $\theta_1 + \theta_2 = \theta$ ) úhel změny směru trasy, definovaný na obrázku 4.1.a.

Analogicky jako při výpočtu síly větru na vodič bez námrazy podle 4.4.1.1 lze při výpočtu síly větru na vodič pokrytý námrazou použít kromě výše uvedeného způsobu také alternativní způsob výpočtu, kdy se celková síla větru na omrzlý vodič, přenášená na podpěrný bod, stanoví jako součet polovin sil větru, působících na omrzlý vodič v každém z obou přilehlých rozpětí. Hodnoty maximálního tlaku větru  $q_p(h)$  a součinitele konstrukce pro vodič  $G_c$  se vypočítají pro jednotlivá sousední rozpětí, přičemž referenční výška vodiče  $h$  nad zemí pro příslušné rozpětí se určí jako aritmetický průměr referenčních výšek  $h$  na podpěrných bodech, ohraničujících rozpětí.

Umožňují-li izolátorové závěsy na nosných podpěrných bodech vyrovnávání tahů vodičů v sousedních rozpětích, pak se při výpočtu tahu vodičů v kotevním úseku při kombinovaném zatížení námrazou a větrem součinitel konstrukce  $G_c$  pro vodič stanoví podle vztahů, uvedených v 4.4.1.2, kde ve vztahu pro součinitel odezvy pozadí  $B^2$  se za  $L_m$  dosadí délka kotevního úseku (ne však více než 3 km) a  $h$  je referenční výška vodiče (resp. vodičů) v kotevním úseku podle 4.4.1.1.

#### 4.6.6 Kombinace rychlostí větru a zatížení námrazou

##### 4.6.6.1 Extrémní zatížení námrazou $h$ kombinované s rychlostí větru s vysokou pravděpodobností $V_{IH}$

Extrémní zatížení námrazou (tj. zatížení námrazou s nízkou pravděpodobností)  $I_T$  s teoretickou dobou návratu  $T$  let je definováno jako:

$$I_T = \gamma_1 I_{50}$$

kde je

- $\gamma_1$  dílčí součinitel zatížení námrazou. Hodnoty  $\gamma_1$  jsou uvedeny v 4.13 v tabulkách 4.14 a 4.15;
- $I_{50}$  extrémní zatížení námrazou na jednotku délky vodiče s dobou návratu 50 let.

POZNÁMKA 1 Teoretické odvození hodnoty  $\gamma_1$  viz příloha B.3.

Při námrazě je rychlost větru s vysokou pravděpodobností  $V_{IH}$  rovna rychlosti větru  $V_3$  s teoretickou dobou návratu  $T = 3$  roky, vynásobené redukčním součinitelem  $B_I$  (tj.  $V_{IH} = V_3 B_I$ ) a určí se ze vztahu:

$$V_{IH} = V_{50} \sqrt{\Psi_W}$$

kde je

$V_{50}$  extrémní střední rychlost větru s referenční dobou návratu 50 let v referenční výšce  $h$  nad zemí ( $V_{50} = V_h(h)$  podle 4.3.2);

$\Psi_w$  součinitel pro kombinační hodnotu zatížení větrem. Hodnoty součinitelů pro kombinační hodnotu zatížení větrem  $\Psi_w$  jsou uvedeny v 4.13 v tabulkách 4.14 a 4.15.

Součinitel  $\Psi_w$  pro trvalá vedení o jmenovitém napětí nad 110 kV ( $\Psi_w = 0,29$ ) zahrnuje vliv redukčního součinitele pro rychlost větru při námraze  $B_i = 0,707$  ( $B_i^2 = 0,50$ ) a poměr jmenovitého tlaku větru s dobou návratu  $T = 3$  roky k extrémnímu tlaku větru s dobou návratu  $T = 50$  let ( $(V_3/V_{50})^2 = 0,58$ ).

Součinitel  $\Psi_w$  pro vedení o jmenovitém napětí do 110 kV včetně a pro dočasná vedení s dobou instalace delší než 3 dny ( $\Psi_w = 0,25$ ) zahrnuje vliv redukčního součinitele pro rychlost větru při námraze  $B_i = 0,656$  ( $B_i^2 = 0,43$ ) a poměr jmenovitého tlaku větru s dobou návratu  $T = 3$  roky k extrémnímu tlaku větru s dobou návratu  $T = 50$  let ( $(V_3/V_{50})^2 = 0,58$ ).

Součinitel  $\Psi_w$  pro dočasná vedení s dobou instalace nejvýše 3 dny ( $\Psi_w = 0,22$ ) zahrnuje vliv redukčního součinitele pro rychlost větru při námraze  $B_i = 0,656$  ( $B_i^2 = 0,43$ ) a poměr tlaku větru s dobou návratu  $T = 2$  roky k extrémnímu tlaku větru s dobou návratu  $T = 50$  let ( $(V_2/V_{50})^2 = 0,52$ ).

POZNÁMKA 2 Ze vztahu  $V_{IH} = V_{50} \sqrt{\Psi_w}$  je pak po dosazení hodnot  $\Psi_w$  rychlost větru s vysokou pravděpodobností při námraze

- pro trvalá vedení o jmenovitém napětí vyšším než 110 kV  $V_{IH} \cong 0,54 V_{50}$ ;
- pro trvalá vedení o jmenovitém napětí do 110 kV včetně a pro dočasná vedení s dobou instalace delší než 3 dny  $V_{IH} \cong 0,50 V_{50}$ ;
- pro dočasná vedení s dobou instalace nejvýše 3 dny  $V_{IH} \cong 0,47 V_{50}$ .

V PS mohou být určeny vyšší hodnoty redukčního součinitele pro rychlost větru při námraze  $B_i$  a součinitele pro kombinační hodnotu zatížení větrem  $\Psi_w$ .

#### 4.6.6.2 Jmenovité zatížení námrazou $I_3$ kombinované s rychlostí větru s nízkou pravděpodobností $V_{IL}$

Jmenovité zatížení námrazou (tj. zatížení námrazou s vysokou pravděpodobností)  $I_3$  s teoretickou dobou návratu  $T=3$  roky je definováno vztahem:

$$I_3 = \Psi_I I_{50}$$

kde je

$I_{50}$  extrémní zatížení námrazou na jednotku délky vodiče s dobou návratu 50 let;

$\Psi_I$  součinitel pro kombinační hodnotu zatížení námrazou. Hodnota součinitele pro kombinační hodnotu zatížení námrazou je uvedena v 4.13 v tabulkách 4.14 a 4.15 ( $\Psi_I = 0,35$ ).

POZNÁMKA 1 Teoretické odvození hodnoty  $\Psi_I$ , viz příloha B.3.

V kombinaci se jmenovitým zatížením námrazou  $I_3$  je rychlost větru s nízkou pravděpodobností  $V_{IL}$  určena vztahem:

$$V_{IL} = V_T B_i = (V_{50} \sqrt{\gamma_w}) B_i$$

kde je

$V_T$  extrémní střední rychlost větru s dobou návratu  $T$  podle požadované úrovně spolehlivosti, (viz příloha B.2);

$B_i$  redukční součinitel pro rychlost větru při námraze  $B_i$ , uvedený v 4.6.6.1;

$V_{50}$  extrémní střední rychlost větru s referenční dobou návratu 50 let v referenční výšce  $h$  nad zemí;

$\gamma_w$  dílčí součinitel zatížení větrem. Hodnoty  $\gamma_w$  jsou uvedeny v 4.13 v tabulkách 4.14 a 4.15.

Tato kombinace rychlosti větru a zatížení námrazou se uvažuje u trvalých vedení a dále u dočasných vedení pro dobu instalace delší než 3 dny jen ve větrné oblasti I.

POZNÁMKA 2 Teoretické odvození hodnoty  $\gamma_w$ , viz B.2.

#### 4.6.7 Kombinované zatížení podpěrných bodů větrem a námrazou

Kombinované zatížení vlastních podpěrných bodů větrem a námrazou se uvažuje jen tehdy, je-li to požadováno v PS. V takovém případě musí PS současně stanovit požadavky na tato zatížení. Za tímto účelem jsou níže v tomto článku jako příklad uvedeny informace pro výpočet sil větru na omrzlé konstrukce podpěrných bodů. Není-li kombinované zatížení vlastních podpěrných bodů větrem a námrazou v PS požadováno, musí se v zatěžovacích stavech s kombinovaným zatížením vodičů větrem a námrazou uvažovat alespoň se zatížením neomrzlých podpěrných bodů větrem.

Při výpočtu tlaku větru na omrzlé konstrukce se uvažuje zvětšení šířky všech prvků čelní stěny podpěrného bodu o dvojnásobnou tloušťku námrazy na vodiči o průměru 30 mm v příslušné kombinaci zatížení a příslušné rychlosti větru při námraze ( $f_T$  a  $V_{IH}$  podle 4.6.6.1 a  $I_B$  a  $V_{IL}$  podle 4.6.6.2). U příhradových stožárů z prvků s plochým povrchem se uvažuje se stejnou hodnotou aerodynamického odporu jako u neomrzlých stožárů. U sloupů se hodnoty součinitele aerodynamického odporu určí postupem podle ČSN ISO 12494, přičemž pro přepočtení hodnot, udaných pro jednotlivé třídy námrazy ICR, na hodnoty pro hmotnosti námrazy podle této normy, lze použít lineární interpolaci.

#### 4.6.8 Kombinované zatížení izolátorových závěsů větrem a námrazou

Kombinované zatížení izolátorových závěsů větrem a námrazou se uvažuje jen tehdy, je-li to požadováno v PS. V takovém případě musí PS současně stanovit požadavky na tato zatížení. Za tímto účelem jsou níže v tomto článku jako příklad uvedeny informace pro výpočet sil větru na omrzlé izolátorové závěsy.

Námraza na izolátorových závěsech zvětšuje promítnutou plochu izolátorového závěsu a součinitel aerodynamického odporu. Při stanovení promítnuté plochy izolátorového závěsu se předpokládá stejná tloušťka námrazy  $t$  jako na vodiči o průměru 30 mm ve stejné kombinaci zatížení a výšce nad zemí. V následující tabulce 4.8 jsou uvedeny informativní hodnoty součinitele aerodynamického odporu pro omrzlé izolátorové závěsy, odvozené s využitím ČSN ISO 12494.

**Tabulka 4.8 – Součinitel aerodynamického odporu  $C_x$  pro izolátorové závěsy, pokryté námrazou**

Tloušťka námrazy $t$ (mm)	$t < 14$	$14 \leq t < 38$	$38 \leq t < 80$	$t \geq 80$
Součinitel aerodynamického odporu $C_x$	1,25	1,35	1,45	1,55

#### 4.7 Účinky teploty

Účinky teploty se týkají níže uvedených návrhových situací a jim příslušných teplot vodičů:

- Minimální teplota bez dalších klimatických zatížení je  $-30\text{ °C}$  pro úroveň spolehlivosti 1,  $-35\text{ °C}$  pro úroveň spolehlivosti 2 a  $-40\text{ °C}$  pro úroveň spolehlivosti 3, není-li v PS s přihlédnutím k místním podmínkám uvedena teplota jiná.
- Při extrémní rychlosti větru se uvažuje teplota  $-5\text{ °C}$ .
- Jmenovitá rychlost větru v kombinaci s minimální teplotou se nebere v úvahu, není-li v PS uvedeno jinak. Je-li tato návrhová situace vyžadována, musí PS příslušnou minimální teplotu stanovit.
- Při zatížení námrazou se uvažuje teplota  $-5\text{ °C}$ .
- Při kombinovaném zatížení námrazou a větrem se uvažuje teplota  $-5\text{ °C}$ .
- Průměrná teplota v nejstudenějším měsíci v roce se bere  $-5\text{ °C}$ .

Příslušné teploty vodičů pro kontrolu vzdáleností jsou uvedeny v kapitole 5.

Pro potřeby navrhování je stanovena referenční teplota  $-5\text{ °C}$ . V projektu musí být pro každý vodič v každém kotevním úseku uvedena vodorovná složka tahu nebo mechanického napětí vodiče při této teplotě vodiče bez dalšího zatížení např. větrem nebo námrazou.

#### 4.8 Zabezpečovací zatížení

##### 4.8.1 Obecně

##### 4.8.1.1 Základní zabezpečovací opatření

Zabezpečovací zatížení, specifikovaná v této normě, udávají minimální požadavky na torzní a podélnou ohybovou únosnost podpěrných bodů, a to definováním souboru zabezpečovacích zatížení proti šíření poruchy. Uva-

žovaná zatížení jsou založena na jednostranném uvolnění statického tahu vodiče a na konvenčním nesouměrném přetížení.

POZNÁMKA Při výpočtu účinku zabezpečovacích zatížení je možné zohlednit kotvící efekt vodičů a zemnicích lan.

#### 4.8.1.2 Doplnková zabezpečovací opatření

V námrazových oblastech I-5 až I-18 a I-K nesmí být počet ostatních podpěrných bodů mezi výztužnými podpěrnými body větší než 9. V PS může být počet podpěrných bodů mezi výztužnými podpěrnými body omezen na menší počet nebo může být toto opatření vyžadováno i v jiných námrazových oblastech.

Zabezpečení vedení může být PS zvýšeno dalšími opatřeními nebo přísnějšími podmínkami pro aplikaci torzních a podélných zabezpečovacích zatížení, uvedených v 4.8.2 a 4.8.3.

#### 4.8.1.3 Další doplnková zabezpečovací opatření

Zabezpečení vedení může být zvýšeno přijetím některých opatření, uvedených v následující tabulce 4.9.

**Tabulka 4.9 – Doplnková zabezpečovací opatření**

Popis doplnkového zabezpečovacího opatření	Komentář
Zvýšení zbytkového statického zatížení součinitelem $>1$ v jakémkoliv bodu připojení vodiče, případně zvýšení počtu uvolněných dílčích vodičů svazku	Pro vedení, kde je oprávněna vyšší úroveň zabezpečení.
Výpočet zbytkového statického zatížení pro větší výchozí tah uvažováním většího zatížení námrazou nebo zatížení určitým větrem v tomto zatěžovacím stavu	Vhodné pro rohové podpěrné body v těžších klimatických podmínkách
Zvýšení počtu bodů, ve kterých se aplikuje torzní zatížení současně	Vhodné pro vícenásobná nebo i pro dvojitá vedení

POZNÁMKA Doplnková zabezpečovací opatření v tabulce 4.9 vycházejí z IEC 60826.

Pokud jsou požadována doplnková zabezpečovací opatření, musí to být uvedeno v PS, která musí zároveň tato opatření specifikovat.

#### 4.8.2 Torzní zatížení

Musí se počítat s příslušným zbytkovým statickým zatížením v místě upevnění libovolného jednoho zemnicího lana nebo fázového vodiče, které vznikne uvolněním tahu fázového vodiče či dílčího vodiče svazku nebo zemnicího lana v sousedním rozpětí. Uvažuje se uvolnění tahu takového vodiče a v takovém z obou sousedních rozpětí, které vede k většímu účinku zatížení v jakémkoliv jednotlivém prvku konstrukce a/nebo základu.

U systémů se svazkovými vodiči se u nosných a kotevních podpěrných bodů bez výztužné funkce počítá s uvolněním tahu jednoho dílčího vodiče svazku, u výztužných a koncových podpěrných bodů s uvolněním tahu všech dílčích vodičů svazku.

V PS mohou být stanoveny požadavky přísnější, tj. uvolnění tahu více dílčích vodičů svazku nebo současně uvolnění tahu více vodičů.

Zatížení podpěrných bodů a tahy vodičů se počítají při teplotě vodiče  $-5\text{ °C}$ , bezvětrí a při zatížení vodičů sníženou námrazou, které odpovídá u trvalých vedení extrémnímu zatížení námrazou s dobou návratu 50 let  $I_{50}$  podle 4.5.1.3, násobenému redukčním součinitelem  $\alpha_{TSL}$ . Pro vedení se jmenovitým napětím 110 kV je hodnota redukčního součinitele  $\alpha_{TSL} = 0,4$ , pro vedení se jmenovitým napětím 220 a 400 kV je  $\alpha_{TSL} = 0,5$ . Tíha námrazy na izolátorových závěsech se přitom neuvažuje. Stejně podmínky platí pro ostatní neuvolněné vodiče.

U dočasných vedení se při výpočtu torzního zabezpečovacího zatížení podpěrných bodů redukčním součinitelem  $\alpha_{TSL}$  násobí extrémní zatížení námrazou s dobou návratu  $T$  let  $I_T = \gamma_1 I_{50}$ , kde dílčí součinitel zatížení námrazou  $\gamma_1$  závisí na době instalace dočasného vedení podle 4.13.2 (tabulka 4.15).

V PS může být stanovena vyšší hodnota redukčního součinitele  $\alpha_{TSL}$  a/nebo doplňující podmínky.

POZNÁMKA Při výpočtu torzních zatížení a souvisejících svislých zatížení, lze uvažovat svislá zatížení takto:

U jednoduchých uvolněných vodičů a tam, kde se počítá s uvolněním tahu celého svazku, se může počítat v závěsném bodu se sníženým svislým zatížením, odpovídajícím tíze izolátorových závěsů a tíze vodiče a námrazy pouze v sousedním neporušeném rozpětí.

Tam, kde se nepočítá s uvolněním tahu všech vodičů svazku, se v závěsném bodu uvažuje s tíhou izolátorového závěsu, s tíhou všech dílčích vodičů a s tíhou námrazy na všech dílčích vodičích svazku v obou přilehlých rozpětích.

### 4.8.3 Podélná zatížení

#### 4.8.3.1 Podélná zatížení pro všechny podpěrné body

Podélná zatížení podpěrného bodu jsou nesouměrná zatížení, působící současně ve všech závěsných bodech, vyvolaná tahem vodičů při teplotě  $-5\text{ °C}$  ve všech rozpětích v jednom směru od podpěrného bodu, kdy se ve všech rozpětích v druhém směru uvažuje na vodičích fiktivní přetížení rovné tíze vodičů.

U dočasných vedení s dobou instalace do 1 roku lze fiktivní přetížení upravit součinitelem, stanoveným v PS.

**POZNÁMKA 1** Zatížení, přenesené z vodiče na podpěrný bod, závisí na stupni volnosti v místě připojení vodiče. Pro vodiče na nosných izolátorových závěsech o typické délce jsou díky vychýlení závěsů rozdílová zatížení obvykle malá.

**POZNÁMKA 2** Zatížení výztužných podpěrných bodů, způsobená rozdílnými tahy vodičů při jednostranném fiktivním přetížení, stanovená v této PNE, jsou nad rámec požadavků, uvedených v ČSN EN 50341-2-19.

#### 4.8.3.2 Podélná zabezpečovací zatížení pro výztužné podpěrné body

Pro výztužné podpěrné body se navíc uvažují podélná zatížení, založená na jednostranném uvolnění tahu všech vodičů v tom přilehlém rozpětí, které vede k většímu zatížení.

Zatížení podpěrných bodů a tahy vodičů se počítají při teplotě vodiče  $-5\text{ °C}$ , bezvětrí a při zatížení vodičů sníženou námrazou, které odpovídá u trvalých vedení extrémnímu zatížení námrazou s dobou návratu 50 let  $I_{50}$  podle 4.5.1.3, násobenému redukčním součinitelem  $\alpha_{LSL} = 0,5$ . Tíha námrazy na izolátorových závěsech se neuvažuje. V PS může být stanovena námraza vyšší.

U dočasných vedení se při výpočtu podélného zabezpečovacího zatížení výztužných podpěrných bodů redukčním součinitelem  $\alpha_{LSL} = 0,5$  násobí extrémní zatížení námrazou s dobou návratu  $T$  let  $I_T = \gamma_I I_{50}$ , kde dílčí součinitel zatížení námrazou  $\gamma_I$  závisí na době instalace dočasného vedení podle 4.13.2 (tabulka 4.15).

Do svislého zatížení podpěrného bodu se nezapočítává tíha izolátorových závěsů, vodičů a námrazy na vodičích z rozpětí, v němž se uvažuje s uvolněním tahu vodičů.

### 4.8.4 Mechanické podmínky použití

Při výpočtu zabezpečovacích zatížení na nosné podpěrné body, vycházejících ze 4.8.2 a 4.8.3, je možné počítat se snížením zatížení, které vyplývá z vychýlení izolátorových závěsů a z pružného ohybu nebo pružného natočení podpěrného bodu.

Hodnoty zabezpečovacích zatížení (vycházející ze 4.8.2 a 4.8.3) mohou být též omezeny použitím zařízení, sestavených pro tyto účely (například kluzných svorek).

Výpočty zabezpečovacích zatížení pro nosné podpěrné body se závěsy vodičů, umožňujícími vyrovnávání tahů vodičů v sousedních rozpětích, se provádějí přednostně úplnou analýzou rovnováhy sil v závěsech vodičů na všech podpěrných bodech v kotevním úseku.

## 4.9 Bezpečnostní zatížení

### 4.9.1 Montážní a údržbová zatížení

Podpěrné body musí být schopné vydržet všechna montážní a údržbová zatížení  $Q_P$ , která na ně mohou působit, vezmou-li se v úvahu pracovní postupy, dočasná kotvení, zvedací zařízení atd., s odpovídající bezpečnostní rezervou, vyjádřenou dílčím součinitelem pro montážní a údržbová zatížení  $\gamma_P \geq 1,5$ . Přetěžování podpěrného bodu se má předejít specifikací dovolených pracovních postupů nebo únosností.

Další požadavky na montážní a údržbová zatížení mohou být uvedeny v PS.

### 4.9.2 Zatížení, která se vztahují k tíze montérů

Charakteristické montážní a údržbové zatížení, působící na konzoly pro jednoduché vodiče a držáky zemnicích lan, nesmí být menší než  $1,0\text{ kN}$ , na konzoly pro svazkové vodiče menší než  $2,0\text{ kN}$ . Při návrhu se spolupůsobící stálé zatížení uvažuje při teplotách  $-20\text{ °C}$  a  $+40\text{ °C}$ .

U příhradových ocelových konstrukcí se působení těchto zatížení musí uvažovat v nejnepríznivějším styčnicku na spodním pasu jedné čelní stěny konzoly a ve všech ostatních případech v osách konzol v místě připojení vodičů. Pro účely návrhu se montážní a údržbové zatížení tíhou montéra násobí dílčím součinitelem pro montážní a údržbová zatížení  $\gamma_P = 1,5$ , svislá složka stálého zatížení se násobí dílčím součinitelem  $\gamma_P = 2,0$  a případná horizontální složka stálého zatížení dílčím součinitelem  $\gamma_P = 1,5$ .

Jestliže se montují lávky nebo pracovní plošiny, musí se navrhovat pro maximální zatížení. Požadavky mohou být uvedeny v PS.

U všech prvků, na něž lze stoupat a jejichž sklon od vodorovné roviny je menší než 30°, se musí uvažovat s charakteristickým zatížením 1 kN, působícím svisle ve středu prvku, a to bez jakýchkoliv dalších zatížení. Dodatečné požadavky nebo opatření se musí uvažovat v případě, že se provádí předmontáž konstrukce na zemi.

Stupačky (jakékoliv) se navrhují pro bodové charakteristické zatížení 1,0 kN, které působí svisle v konstrukčně nejméně příznivém místě. V PS může být požadováno zatížení větší (např. jen pro určité stupačky).

Prvky, určené pro připevnění žebříku, musí být navrženy pro charakteristické montážní a údržbové zatížení alespoň 2,0 kN. Toto zatížení působí spolu se stálým zatížením vlastní tíhou žebříku.

### **4.9.3 Další požadavky na montážní a údržbová zatížení**

#### **4.9.3.1 Obecně**

Stavba podpěrných bodů, tažení vodičů a regulování průhybu vodičů se musí provádět podle schválených technologických postupů. Zatížení, stanovená v 4.9.3.2 a v 4.9.3.3 (zatížení při montáži), jsou konečné návrhové hodnoty, a proto se již nenásobí žádným dalším součinitelem zatížení. Současně s níže uvedenými montážními zatíženími se musí vždy brát v úvahu působící stálá zatížení (vlastní tíha konstrukce a výzbroje).

Za plnění požadavků, uvedených v 4.9.3.2 a v 4.9.3.3, odpovídá zhotovitel stavby. V PS však mohou být stanovena montážní zatížení, jejich působiště a další podmínky též pro účely návrhu.

#### **4.9.3.2 Stavba podpěrných bodů**

Stavba podpěrného bodu musí být prováděna podle schváleného technologického postupu. Při stavbě nesmí být překročena návrhová únosnost konstrukce ani jakékoliv její části 1,5 násobkem statických zatížení, působících na konstrukci při zvolené metodě stavby.

#### **4.9.3.3 Tažení a regulování průhybů vodičů**

##### **4.9.3.3.1 Tahy vodičů**

Ve výpočtu tahů vodičů se uvažuje skutečná teplota při montáži, bez přídavných klimatických zatížení. PS může stanovit minimální teplotu, pro kterou se mají tahy vodičů počítat. V tomto případě však montáž vodičů nesmí probíhat při teplotě nižší.

Při výpočtu návrhových zatížení podpěrných bodů při montáži vodičů se pro vodiče v klidu musí počítat s 1,5 násobkem tahu vodičů. Pro vodiče v pohybu se doporučuje počítat s dvojnásobkem tahu vodičů. Může být použita nižší hodnota součinitele (ne však menší než 1,5), je-li operace pečlivě kontrolována (např. používá-li se tažné zařízení s automatickým omezením tažné síly).

##### **4.9.3.3.2 Svislé síly**

Musí se vzít v úvahu zvýšená svislá složka tahu vodiče v závěsném bodu, vyplývající z vertikálního úhlu mezi tečnou vodiče v závěsném bodu a vodorovnou rovinou při tahu vodiče podle 4.9.3.3.1, a jakákoliv kombinace zatížených a nezatížených závěsných bodů vodičů na podpěrném bodu, reprezentující montážní postup instalace vodičů. To může mít praktický význam hlavně při velkém výškovém rozdílu mezi závěsnými body vodiče.

Je třeba vzít v úvahu, že svislé zatížení v závěsném bodu vodiče se zvýší, jsou-li tažné zařízení nebo brzdová souprava umístěny blízko podpěrného bodu.

##### **4.9.3.3.3 Příčné síly**

Rohové podpěrné body musí mít dostatečnou únosnost proti zatížení příčnými silami, vyvolanými tahy vodičů podle 4.9.3.3.1.

#### **4.9.3.3.4 Podélné a svislé síly, působící na dočasné koncové podpěrné body při montáži vodičů**

##### **4.9.3.3.4.1 Podélné síly**

Podpěrné body, použité při tažení a regulaci průhybu vodičů jako koncové, musí být schopné vydržet podélné síly, vyplývající z montážních tahů, uvedených v 4.9.3.3.1, pro jakoukoliv kombinaci zatížených a nezatížených závěsných bodů vodičů na podpěrném bodu, reprezentující montážní postup instalace vodičů. Je-li to nutné, musí se tyto podpěrné body zesílit pomocí dočasných kotev tak, aby měly požadovanou podélnou únosnost.

**POZNÁMKA** Dřívky a konzoly dočasných koncových podpěrných bodů se při instalaci vodičů obvykle kotví.

#### 4.9.3.3.4.2 Svislé síly

Je-li podélná únosnost dočasných koncových podpěrných bodů zvýšena pomocí kotev, musí se vzít v úvahu i zvýšené svislé zatížení v bodech připojení kotev ke konstrukci vlivem svislé složky tahu v kotevních lanech. Při kotvení pevných podpěrných bodů by měla být kotevní lana předepnuta. Tahy v kotevních lanech je nutné kontrolovat. Skutečné tahy v kotevních lanech je nutné násobit dílčím součinitelem zatížení  $\gamma_P = 1,5$ .

Je třeba vzít v úvahu, že svislé zatížení v bodu připojení kotevního lana ke konstrukci se zvýší, je-li dočasná kotva umístěna blízko podpěrného bodu.

#### 4.9.3.3.5 Podélné síly, působící na podpěrné body s vodiči v kladkách

Je-li vodič při tažení a regulaci průhybu v kladkách, působí na závěsný bod kladky statická podélná síla (v N), jejíž hodnota je dána jednotkovou tíhou vodiče (v N/m), násobenou rozdílem mezi úrovněmi nejnižších bodů vodiče (v m) v obou sousedních rozpětích při skutečném montážním tahu. Tato síla je obvykle mnohem menší než zabezpečovací zatížení s výjimkou podpěrných bodů s velkými rozdíly mezi výškovými úrovněmi závěsných bodů na sousedních podpěrných bodech, kdy je třeba kontrolovat, že pro jakoukoliv kombinaci zatížených a nezatížených závěsných bodů vodičů na podpěrném bodu, reprezentující montážní postup instalace vodičů, není překročena návrhová únosnost v žádné části konstrukce při zatížení dvojnásobkem uvedených podélných sil.

### 4.10 Síly působené zkratovými proudy

Pokud není v PS stanoveno jinak, síly, působené zkratovými proudy, se neuvažují.

**POZNÁMKA** U těch vedení, která jsou částí přenosové sítě s velmi vysokými zkratovými proudy, se musí věnovat pozornost silovým účinkům zkratových proudů. Informace k tomuto tématu jsou uvedeny v příloze C.2.2. Požadavky pro síly, vyvolané zkratovými proudy, musí být v případě potřeby definovány v PS.

### 4.11 Další zvláštní síly

#### 4.11.1 Laviny, sesuv sněhu

Pokud to není požadováno v PS, síly, působící na vedení, vyvolané lavinami nebo sesuvy sněhu, se neuvažují.

**POZNÁMKA** Mají-li venkovní vedení procházet horskými oblastmi, kde mohou být vystavena lavinám nebo tekoucímu sněhu, musí se uvažovat další možná dodatečná zatížení, která mohou působit na podpěrné body, základy a/nebo vodiče. Některé informace k tomuto tématu jsou uvedeny v příloze C.2.3. Požadavky na tato zatížení musí být v případě potřeby definovány v PS.

#### 4.11.2 Zemětřesení

Dodatečná zatížení, vyvolaná zemětřesením nebo seizmickými otřesy, se uvažují, pokud je to požadováno v PS.

**POZNÁMKA** Pokud mají být venkovní vedení stavěna v seizmicky velmi aktivních oblastech nebo na poddolovaných územích, musí se brát v úvahu síly, působící na vedení, vyvolané zemětřesením a/nebo seizmickými otřesy. Některé informace k tomuto tématu jsou uvedeny v příloze C.2.4. Požadavky musí být v případě potřeby definovány v PS.

### 4.12 Zatěžovací stavy

#### 4.12.1 Obecně

##### 4.12.1.1 Obecné požadavky

Při návrhu vodičů, výzbroje a podpěrných bodů včetně základů v mezním stavu únosnosti se musí uvažovat takový zatěžovací stav, který způsobí maximální účinek zatížení v každém jednotlivém prvku.

V případech, kdy složka vnějšího zatížení snižuje mechanické napětí v určitém prvku nebo průřezu, se musí uvažovat takový zvláštní zatěžovací stav, ve kterém se musí složka zatížení, působící snížení mechanického napětí, zadat minimální hodnověrnou hodnotou, zatímco ostatní složky zatížení se nemění. Zvláštní zatěžovací stav nebo stavy se sníženou složkou tohoto zatížení musí být definovány v PS.

**POZNÁMKA 1** Výše zmíněný účinek nastává například v portálu (mostu) podpěrného bodu s vodorovným uspořádáním vodičů. Zatížení námrazou na prostředním vodiči působí snížení mechanického napětí ve středu portálu, a proto se má uvažovat zatěžovací stav s minimálním zatížením námrazou na středním vodiči. Informace ke zvláštním zatěžovacím stavům pro portálové podpěrné body jsou uvedeny dále v 4.12.4.

Jiným příkladem je kotvený podpěrný bod, u kterého se pro omezení ohybového účinku, působeného zatížením větrem, zavádí excentricita na koncích kloubových noh. V tomto případě se mají uvažovat zatěžovací podmínky s minimálním zatížením nohy stožáru větrem.



Tah ve vodičích se musí určit v závislosti na zatíženích, která působí na vodič v definovaném zatěžovacím stavu. Musí se vzít náležitě do úvahy složky tahu vodičů v místech připojení na podpěrný bod, včetně vlivu svislých a vodorovných úhlů. Jestliže nebudou zpočátku na podpěrné body vícenásobných vedení nainstalovány všechny systémy nebo u svazkových vodičů všechny vodiče svazku, je nutno tuto okolnost při návrhu zohlednit.

Je-li izolátorový závěs připojen ke konstrukci podpěrného bodu ve více bodech, musí se prověřit případ, že dojde k uvolnění zatížení v jednom z připojovacích bodů izolátorového závěsu. Podmínky pro kontrolu jsou uvedeny v 4.12.1.2.

Standardní zatěžovací stavy, používané při návrhu vodičů, výzbroje, podpěrných bodů a základů v mezním stavu únosnosti, jsou uvedeny v 4.12.2.

V případech, kde v kapitolách 7 a 8 této normy nebo v PS jsou uvedena kritéria pro kontrolu v mezních stavech použitelnosti, používají se při této kontrole zatěžovací stavy, vybrané ze zatěžovacích stavů, uvedených v 4.12.2. Při ověřování mezních stavů použitelnosti se používají klimatická zatížení a teploty, stanovené pro úroveň spolehlivosti 1. V těchto kapitolách a v PS je pak zároveň stanoveno, které ze zatěžovacích stavů se pro posouzení musí použít.

**POZNÁMKA 2** Za předpokladu, že vodič, zavěšený na izolátorovém závěsu, se může vychylovat v podélném směru vedení, je možné při výpočtu tahu vodiče používat tzv. střední (ideální) rozpětí. V přiměřeně rovných terénech je střední rozpětí určeno výrazem.

$$L_R = \sqrt{\frac{\sum L_n^3}{\sum L_n}}$$

kde je

$L_n$  vodorovná délka  $n$ -tého rozpětí v kotevním úseku vedení.

U vedení, která nemají konce rozpětí ve stejné úrovni, je střední rozpětí  $L_R$  přesněji určeno výrazem:

$$L_R = \sqrt{\frac{\sum \frac{L_n^4}{C_n}}{\sum C_n}}$$

kde je

$C_n$  délka tětiny (spojnice závěsných bodů vodiče)  $n$ -tého rozpětí v kotevním úseku vedení.

Zatížení podpěrných bodů se musí volit v závislosti na požadované únosnosti a zamýšleném účelu. Obecně se rozlišuje mezi nosnými a kotevními podpěrnými body, u kotevních podpěrných bodů se obecně rozlišují podpěrné body bez výztužné funkce, s výztužnou funkcí a koncové. Lze použít i kombinaci těchto typů podpěrných bodů, například odbočný podpěrný bod. Rozdělení podpěrných bodů podle účelu je uvedeno v 4.12.1.3.

Dále mohou být požadovány speciální podpěrné body, například vysoké křížovatkové stožáry, pro které se zvláštní požadavky musí stanovit v PS.

#### 4.12.1.2 Přetržení jednoho řetězce vícenásobného izolátorového závěsu

Je-li dvojitý nebo vícenásobný izolátorový závěs připojen ke konstrukci podpěrného bodu ve dvou nebo více připojovacích bodech, musí se prověřit případ, že dojde k uvolnění zatížení v jednom připojovacím bodu izolátorového závěsu. V tomto případě se uvažuje, že na zbývající připojovací body izolátorového závěsu působí síly, přenášené z vodiče a vlastního izolátorového závěsu při největším zatížení závěsu, vyplývajícím ze zatěžovacích stavů 1, 3b a 4 podle tabulky 4.11 v 4.12.2. Se zmenšením tahu vodiče ani s dynamickými účinky při přetržení jednoho řetězce se nepočítá. V místech připojení ostatních izolátorových závěsů působí síly, vyplývající ze stejných zatěžovacích stavů.

Podmínky pro kontrolu únosnosti izolátorů a armatur izolátorových závěsů při přetržení jednoho řetězce vícenásobného izolátorového závěsu jsou uvedeny v 10.7 a v 11.6.

#### 4.12.1.3 Rozdělení podpěrných bodů podle účelu

Podpěrné body se podle účelu rozlišují a označují podle následující tabulky 4.10.

**Tabulka 4.10 – Rozlišení a označení podpěrných bodů podle účelu**

Podpěrný bod		v přímé trase (definice 2.2.92)	rohový (definice 2.2.89)	Poznámky
nosný (definice 2.2.91)		N	NR	
kotevní (definice 2.2.93)	prostý (bez výztužné funkce)	RT	R	
	výztužný (viz definice 2.2.90)	V	VR	
	koncový (viz definice 2.2.94)	Ko	KoR	1)
Odbočné podpěrné body	funkce odbočného podpěrného bodu v hlavním vedení			
Odbočný nosný	nosný	ON	ONR	2)
Odbočný kotevní	prostý (bez výztužné funkce)	ORT	OR	2)
	výztužný	OV	OVR	2)
	koncový	OKo	OKoR	2)

POZNÁMKA 1 Koncový podpěrný s podélnou osou konzol v rovině kolmé na směr vedení, z něhož se uvažuje plný tah vodičů, se označuje Ko, koncový podpěrný s podélnou osou konzol v rovině, svírající s tímto směrem jiný úhel než pravý, se označuje KoR.

POZNÁMKA 2 Odbočný podpěrný bod (O) slouží jako koncový podpěrný bod pro vodiče odbočky a zároveň jako podpěrný bod hlavního vedení s různou funkcí.

Pokud není v PS uvedeno jinak, připouští se, aby v úseku vedení mezi výztužným nebo koncovým podpěrným bodem a konstrukcí stanice, do které je vedení připojeno, byly nejvýše 3 podpěrné body bez výztužné funkce.

#### 4.12.2 Standardní zatěžovací stavy

Pro zajištění náležité spolehlivosti a funkčnosti venkovního vedení za provozních podmínek se používají standardní zatěžovací stavy, uvedené v tabulce 4.11. Není-li v poznámkách v tabulce uvedeno jinak, používají se pro podpěrné body všechny uvedené zatěžovací stavy.

Zatěžovací stavy pro odbočné podpěrné body viz 4.12.3.

Tabulka 4.11 – Standardní zatěžovací stavy

ZS	Popis	Pozn.
1	Extrémní zatížení větrem	
2a	Rovnoměrné extrémní zatížení námrazou ( $h$ )	
2b	Rovnoměrné zatížení námrazou, příčný ohyb $\alpha = 0,5$ ( $0,5 h / h$ )	1)
2c	Nerovnoměrné zatížení námrazou, podélný ohyb $\alpha_1 = 0,30$ , $\alpha_2 = 0,70$ ( $0,30 h / 0,70 h$ )	
2d	Nerovnoměrné zatížení námrazou, kroucení $\alpha_3 = 0,30$ , $\alpha_4 = 0,70$ ( $0,30 h / 0,70 h$ )	2)
3a	Kombinované zatížení větrem a námrazou – rovnoměrné extrémní zatížení námrazou ( $h$ ) – zatížení větrem o rychlosti s vysokou pravděpodobností $V_{IH}$ (hodnoty $\Psi_w$ viz 4.6.6.1 a tabulky 4.14 a 4.15)	
3b	Kombinované zatížení větrem a námrazou – rovnoměrné jmenovité zatížení námrazou ( $I_3 = 0,35 I_{50}$ ) – zatížení větrem o rychlosti s nízkou pravděpodobností $V_{IL}$ (hodnoty $B_1$ a $B^2$ viz 4.6.6.1)	
4	Minimální teplota bez dalších klimatických zatížení	
5a	Zabezpečovací zatížení, kroucení – uvolnění vodiče nebo dílčího vodiče svazku při zatížení vodičů sníženou námrazou podle 4.8.2 (pro trvalá vedení $\alpha_{TSL} I_{50}$ , pro dočasná vedení $\alpha_{TSL} \gamma_I I_{50}$ )	
5b	Zabezpečovací zatížení, podélný ohyb – nevyrovnané tahy všech vodičů, způsobené fiktivním přetížením rovným vlastní tíze vodičů ve všech rozpětích v jednom směru od podpěrného bodu podle 4.8.3.1	
5c	Zabezpečovací zatížení, podélný ohyb – uvolnění všech vodičů v jednom směru od podpěrného bodu při zatížení vodičů sníženou námrazou podle 4.8.3.2 (pro trvalá vedení $\alpha_{LSL} I_{50}$ , pro dočasná vedení $\alpha_{LSL} \gamma_I I_{50}$ , $\alpha_{LSL} = 0,5$ )	3)
6a	Bezpečnostní zatížení, montážní a údržbová zatížení	
6b	Bezpečnostní zatížení, vztahující se k tíze montérů	
Ve všech zatěžovacích stavech s výjimkou stavu 4 se uvažuje teplota $-5\text{ °C}$ .		
POZNÁMKY:		
1) Uvažuje se jen v případě, kdy je to požadováno v PS.		
2) Uvažuje se u vedení se svazkovými vodiči, u vedení s jednoduchými vodiči se uvažuje jen v případě, kdy je to požadováno v PS.		
3) Uvažuje se jen u výztužných podpěrných bodů.		

Ve všech zatěžovacích stavech se musí současně uvažovat též svislá složka stálých zatížení podle 4.2. Jestliže stálá zatížení snižují účinky jiných zatížení, jako je například zvedání základu, musí se použít minimální hodnota tohoto stálého zatížení (např. minimální dovolený poměr váhového k větrovému rozpětí).

Body (a) až (e), které se vztahují k zatěžovacím stavům v tabulce 4.11:

- (a) Směr větru se má uvažovat kolmo na vedení a dále pod všemi úhly, které mohou být pro návrh rozhodující. Podrobnosti mohou být uvedeny v PS.

POZNÁMKA Pro nosné podpěrné body v přímé trase je většinou rozhodující směr větru kolmo na vedení nebo pod úhlem  $45^\circ$  na vedení. U některých typů základů se musí uvažovat též vítr ve směru vedení. U kotevních podpěrných bodů v přímé trase, na něž působí z obou stran nestejně tahy vodičů, se musí obvykle uvažovat též vítr ve směru většího tahu vodičů.

Pro rohové kotevní podpěrné body se obvykle uvažuje směr větru rovnoběžný s osou konzol, případně ve směru výslednice tahu vodičů, a také směry větru kolmo na vedení před a za podpěrným bodem.

U odbočných podpěrných bodů je obvykle rozhodující směr větru rovnoběžný s výslednicí tahu všech vodičů.

Pro koncové podpěrné body se musí uvažovat vítr ve směru tahu vodičů a vítr kolmo na směr tahu vodičů, případně i vítr pod úhlem  $45^\circ$  na vodiče.

- (b) V zatěžovacím stavu 2b se má vyšetřit vliv sníženého zatížení námrazou, vypočteného jako součin extrémního zatížení námrazou a redukčního součinitele  $\alpha$ , které působí na všechny vodiče na všech konzolách pouze na jedné straně podpěrného bodu. Tento zatěžovací stav je znázorněn na obrázku 4.4. Kde se může tato zatěžovací podmínka ignorovat, je  $\alpha$  rovno 1.
- (c) V zatěžovacím stavu 2c se extrémní zatížení námrazou na všech vodičích na všech konzolách v jednom směru od podpěrného bodu má násobit redukčním součinitelem  $\alpha_1$ , v opačném směru redukčním součinitelem  $\alpha_2$ . Tento zatěžovací stav je znázorněn na obrázku 4.5.
- (d) V zatěžovacím stavu 2d se extrémní zatížení námrazou na všech vodičích na všech konzolách, a to pouze na jedné straně podpěrného bodu a jen v jednom směru od podpěrného bodu, má vynásobit redukčním součinitelem  $\alpha_3$ . Extrémní zatížení námrazou na všech zbývajících vodičích se má vynásobit redukčním součinitelem  $\alpha_4$ , což vede k maximálnímu kroucení. Tento zatěžovací stav je znázorněn na obrázku 4.6. Tam, kde se může tato zatěžovací podmínka ignorovat nebo je jinak ošetřena pomocí jiných zatěžovacích stavů, jsou hodnoty  $\alpha_3$  a  $\alpha_4$  rovny 1.

Tento zatěžovací stav se uvažuje u podpěrných bodů se svazkovými vodiči, u podpěrných bodů s jednoduchými vodiči se neuvažuje, není-li v PS uvedeno jinak.

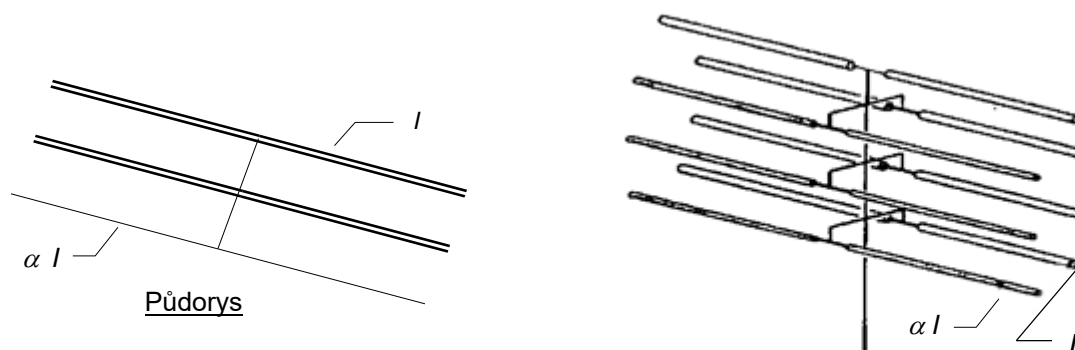
- (e) Při návrhu příslušného podpěrného bodu je možné počítat s kombinovaným nerovnoměrným zatížením větrem a námrazou, pokud je tato podmínka s ohledem na místo stavby odůvodněná a není adekvátně ošetřena jinými definovanými zatěžovacími stavy. Zatížení námrazou a/nebo zatížení větrem by mělo působit na všechny vodiče na všech konzolách jen v jednom směru od podpěrného bodu, což má za následek podélná zatížení.

Uvedené kombinované nerovnoměrné zatížení větrem a námrazou se neuvažuje, není-li v PS stanoveno jinak.

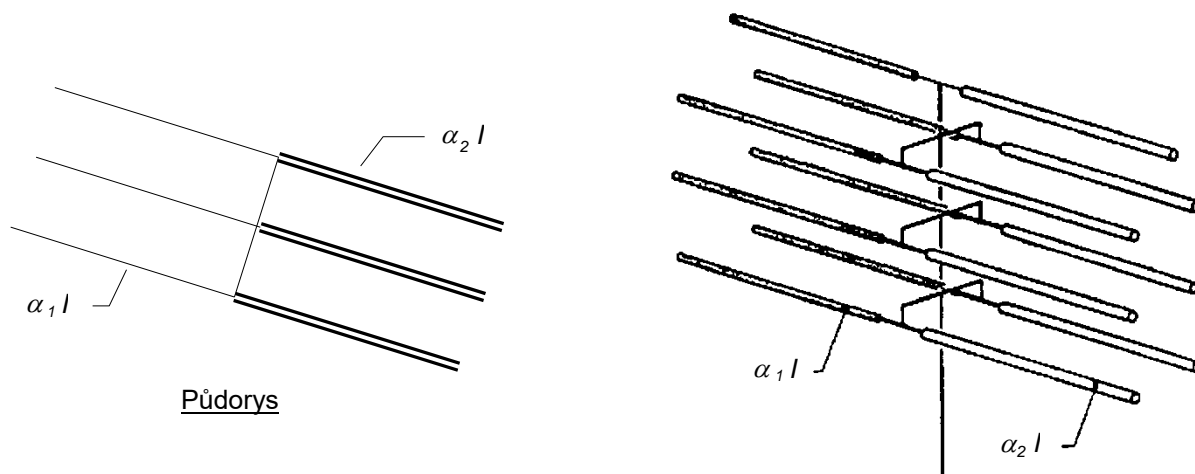
V zatěžovacích stavech s nerovnoměrným zatížením námrazou (2c, 2d) se příslušná snížená zatížení námrazou  $\alpha_1 h$  a  $\alpha_3 h$  uvažují vždy ve všech rozpětích v jednom směru od podpěrného bodu.

Hodnoty redukčních součinitelů  $\alpha$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  jsou uvedeny v tabulce 4.11.

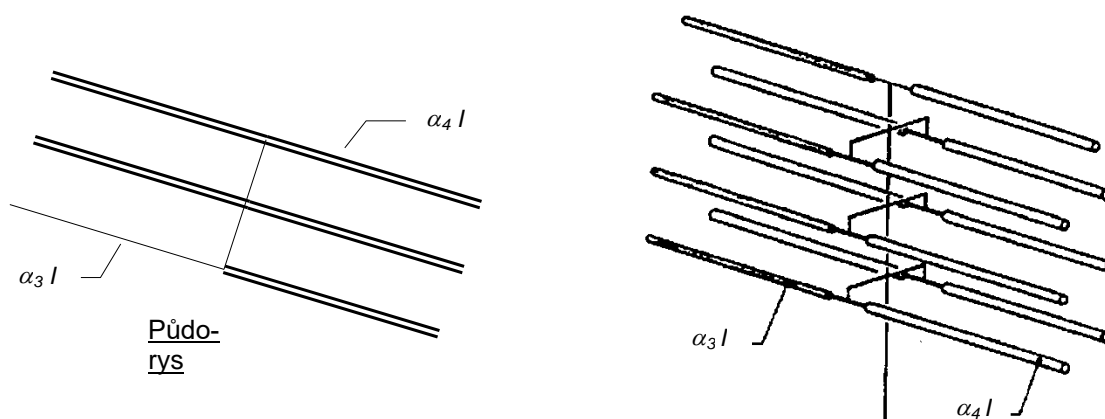
Při vyhodnocování podélných zatížení na konzoly kotevních stožárů je třeba také zohlednit nevyváženost zatížení, způsobenou různým výchozím tahem vodičů v sousedních rozpětích, významně různými délkami sousedních ekvivalentních rozpětí nebo vlivem různých klimatických zatížení v přilehlých kotevních úsecích. Viz také 9.6.4 této normy ohledně výpočtů průhyb-tah.



Obrázek 4.4 – Příčný ohyb



Obrázek 4.5 – Podélný ohyb



Obrázek 4.6 – Kroucení

#### 4.12.3 Zatěžovací stavy pro odbočné podpěrné body

Odbočný podpěrný bod musí být navržen tak, aby splňoval zároveň požadavky, kladené na podpěrný bod hlavního vedení a zároveň musí ve stejném zatěžovacím stavu odolat silám, kterými na něj působí vodiče odbočky jako na podpěrný bod koncový. Požadovaná funkce podpěrného bodu hlavního vedení musí být stanovena v PS.

Zatěžovací stavy pro odbočné podpěrné body jsou založeny na standardních zatěžovacích stavech, uvedených v tabulce 4.11. Podrobnosti ohledně uspořádání zatížení a specifické požadavky stanoví PS. Není-li v PS stanoveno jinak, používají se zatěžovací stavy a uspořádání zatížení, uvedené v následující tabulce 4.12.

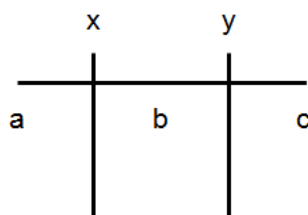
Tabulka 4.12 – Zatěžovací stavy pro odbočné podpěrné body

ZS	Popis	Pozn.
1	Zatížení extrémním větrem	
2a	Rovnoměrné extrémní zatížení námrazou ( $t_T$ )	
2b	Extrémní zatížení námrazou ( $t_T$ ) vodičů odbočky a vodičů hlavního vedení na konzolách na straně odbočky Snížené zatížení námrazou $\alpha t_T$ ( $\alpha = 0,5$ ) vodičů hlavního vedení na konzolách na opačné straně	1)
2c	Nerovnoměrné zatížení námrazou hlavního vedení ( $\alpha_1 t_T / \alpha_2 t_T$ ), podélný ohyb $\alpha_1 = 0,30$ , $\alpha_2 = 0,70$ Zatížení námrazou vodičů odbočky $\alpha_2 t_T = 0,70 t_T$	
2d	Nerovnoměrné zatížení námrazou ( $\alpha_3 t_T / \alpha_4 t_T$ ), kroucení a) hlavní vedení $\alpha_3 = 0,30$ , $\alpha_4 = 0,70$ , odbočka $\alpha_4 = 0,70$ b) odbočka $\alpha_3 = 0,30$ , $\alpha_4 = 0,70$ , hlavní vedení $\alpha_4 = 0,70$	2)
3a	Kombinované zatížení větrem a námrazou – rovnoměrné extrémní zatížení námrazou ( $t_T$ ) – zatížení větrem o rychlosti s vysokou pravděpodobností $V_{IH}$ (hodnoty $\Psi_W$ viz 4.6.6.1 a tabulky 4.14 a 4.15)	
3b	Kombinované zatížení větrem a námrazou – rovnoměrné jmenovité zatížení námrazou ( $t_3 = 0,35 t_{50}$ ) – zatížení větrem o rychlosti s nízkou pravděpodobností $V_{IL}$ (hodnoty $B_1$ a $B_1^2$ viz 4.6.6.1)	
4	Minimální teplota bez dalších klimatických zatížení	
5a	Zabezpečovací zatížení, kroucení – uvolnění jakéhokoliv vodiče nebo dílčího vodiče svazku (na hlavním vedení i v odbočce) při zatížení vodičů sníženou námrazou podle 4.8.2 (pro trvalá vedení $\alpha_{TSL} t_{50}$ , pro dočasná vedení $\alpha_{TSL} \gamma_1 t_{50}$ )	
5b	Zabezpečovací zatížení, ohyb a) Fiktivní přetížení v jednom směru od podpěrného bodu hlavního vedení podle 4.8.3.1, vodiče odbočky bez přetížení b) Fiktivní přetížení vodičů odbočky, vodiče hlavního vedení bez přetížení	
5c	Zabezpečovací zatížení, ohyb – uvolnění všech vodičů hlavního vedení v jednom směru od podpěrného bodu – zatížení všech ostatních vodičů sníženou námrazou podle 4.8.3.2 (pro trvalá vedení $\alpha_{LSL} t_{50}$ , pro dočasná vedení $\alpha_{LSL} \gamma_1 t_{50}$ , $\alpha_{LSL} = 0,5$ )	3)
6a	Bezpečnostní zatížení, montážní a údržbová zatížení	
6b	Bezpečnostní zatížení, vztahující se k tíže montérů	
<p>Jestliže síly, pocházející od vodičů odbočky, snižují v jakémkoliv zatěžovacím stavu účinky sil, jimiž působí na podpěrný bod vodiče hlavního vedení, musí se uvažovat též odpovídající zatěžovací stavy bez vlivu sil, pocházejících od vodičů odbočky.</p> <p>POZNÁMKY</p> <p>1) Uvažuje se jen v případě, kdy je to požadováno v PS.</p> <p>2) Uvažuje se u vedení se svazkovými vodiči, u vedení s jednoduchými vodiči se uvažuje jen v případě, kdy je to požadováno v PS.</p> <p>3) Uvažuje se jen u odbočného podpěrného bodu s výztužnou funkcí v hlavním vedení.</p>		

V PS mohou být stanoveny podmínky přísnější, např. úplné uvolnění tahu všech vodičů jednotlivě z každého směru za přísnějších podmínek (při charakteristických nebo návrhových hodnotách zatížení).

#### 4.12.4 Zvláštní zatěžovací stavy pro portálové stožáry

Není-li v PS stanoveno jinak, doporučuje se u portálového stožáru horizontální konfigurace kromě zatěžovacích stavů, uvedených v tabulce 4.11 a znázorněných na obrázcích 4.4, 4.5 a 4.6 v 4.12.2, uvažovat další modifikované zatěžovací stavy s nestejnou nebo nerovnoměrnou námrazou, uvedené v tabulce 4.13. Označení vodičů v tabulce 4.13 je znázorněno na obrázku 4.7.



Obrázek 4.7 – Identifikace vodičů na portálovém stožáru

Tabulka 4.13 – Modifikované zatěžovací stavy pro portálové stožáry

všechna rozpětí	na jednu stranu od podpěrného bodu					na druhou stranu od podpěrného bodu				
	a	x	b	y	c	a	x	b	y	c
zatěžovací stav	zatížení vodiče námrazou									
2a-m	$h$	$h$	$\alpha h$	$h$	$h$	$h$	$h$	$\alpha h$	$h$	$h$
2b-m	$\alpha h$	$\alpha h$	$\alpha h$	$h$	$h$	$\alpha h$	$\alpha h$	$\alpha h$	$h$	$h$
2c	$\alpha_1 h$	$\alpha_1 h$	$\alpha_1 h$	$\alpha_1 h$	$\alpha_1 h$	$\alpha_2 h$	$\alpha_2 h$	$\alpha_2 h$	$\alpha_2 h$	$\alpha_2 h$
2d-m	$\alpha_3 h$	$\alpha_3 h$	$\alpha_3 h$	$\alpha_4 h$	$\alpha_4 h$	$\alpha_4 h$	$\alpha_4 h$	$\alpha_4 h$	$\alpha_4 h$	$\alpha_4 h$
3a-m	$h$	$h$	$\alpha h$	$h$	$h$	$h$	$h$	$\alpha h$	$h$	$h$
3b-m	$\Psi_1 l_{50}$	$\Psi_1 l_{50}$	$\alpha \Psi_1 l_{50}$	$\Psi_1 l_{50}$	$\Psi_1 l_{50}$	$\Psi_1 l_{50}$	$\Psi_1 l_{50}$	$\alpha \Psi_1 l_{50}$	$\Psi_1 l_{50}$	$\Psi_1 l_{50}$

Není-li v PS uvedeno jinak, použijí se hodnoty redukčních součinitelů  $\alpha$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  a  $\alpha_4$ , uvedené v tabulce 4.11.

POZNÁMKY:  
Pro úplnost uvedený zatěžovací stav 2c je identický se standardním zatěžovacím stavem 2c (nerovnoměrné zatížení námrazou – podélný ohyb), uvedeným v tabulce 4.11.  
Extrémní zatížení námrazou  $h = \gamma_1 l_{50}$

#### 4.13 Dílčí součinitele zatížení

##### 4.13.1 Dílčí součinitele zatížení, součinitele pro kombinační hodnoty zatížení a redukční součinitele pro trvalá vedení

Hodnoty dílčích součinitelů zatížení  $\gamma_F$ , součinitelů pro kombinační hodnoty zatížení větrem  $\Psi_W$  a zatížení námrazou  $\Psi_1$ , druhá mocnina hodnoty redukčního součinitele pro rychlost větru při námraze  $B^2$  a hodnoty redukčních součinitelů  $\alpha$  pro zatížení námrazou, které se používají pro posouzení trvalých vedení v mezních stavech únosnosti, jsou uvedeny v tabulce 4.14.

##### 4.13.2 Dílčí součinitele zatížení, součinitele pro kombinační hodnoty zatížení a redukční součinitele pro dočasná vedení

Hodnoty dílčích součinitelů zatížení  $\gamma_F$ , součinitelů pro kombinační hodnoty zatížení větrem  $\Psi_W$  a zatížení námrazou  $\Psi_1$ , druhá mocnina hodnoty redukčního součinitele pro rychlost větru při námraze  $B^2$  a hodnoty redukčních součinitelů  $\alpha$  pro zatížení námrazou, které se používají pro posouzení dočasných vedení v mezních stavech únosnosti, jsou uvedeny v tabulce 4.15.

**Tabulka 4.14 – Dílčí součinitele zatížení, součinitele pro kombinační hodnoty zatížení a redukční součinitele pro posouzení trvalých vedení v mezních stavech únosnosti**

Zatěžovací stav		redukční součinitele $B^2, \alpha$		Úroveň spolehlivosti 1				Úroveň spolehlivosti 2				Úroveň spolehlivosti 3				Tíha
		vítr	námraza	$\gamma_w$	$\psi_w$	$\gamma_i$	$\psi_i$	$\gamma_w$	$\psi_w$	$\gamma_i$	$\psi_i$	$\gamma_w$	$\psi_w$	$\gamma_i$	$\psi_i$	
1	Extrémní zatížení větrem			1,00				1,20				1,40				1,00
2a	Extrémní zatížení námrazou					1,00				1,25				1,50		1,00
2b	Rovnoměrná námraza, příčný ohyb		$1, \alpha$ (1)			1,00				1,25				1,50		1,00
2c	Nerovnoměrná námraza, podélný ohyb		$\alpha_1, \alpha_2$ (1)			1,00				1,25				1,50		1,00
2d	Nerovnoměrná námraza, kroucení		$\alpha_3, \alpha_4$ (1)			1,00				1,25				1,50		1,00
3a	Extrémní zatížení námrazou kombinované s rychlostí větru $V_{IH}$				0,25 (2) 0,29 (3)	1,00			0,25 (2) 0,29 (3)	1,25			0,25 (2) 0,29 (3)	1,50		1,00
3b	Jmenovité zatížení námrazou kombinované s rychlostí větru $V_L$	$B^2$ 0,43 (2) 0,50 (3)		1,00			0,35	1,20			0,35	1,40			0,35	1,00
4	Minimální teplota															1,00
5a	Zabezpečovací zatížení, kroucení		$\alpha_{TSL}$ (4)	$\gamma_{A1} = 1,00$											1,00	
5b	Zabezpečovací zatížení, podélný ohyb			$\gamma_{A2} = 1,00$											1,00	
5c	Zabezpečovací zatížení, podélný ohyb		$\alpha_{LSL}$ (5)	$\gamma_{A2} = 1,00$											1,00	
6	Bezpečnostní zatížení, montážní a údržbová zatížení			$\gamma_P \geq 1,50$ (6)											1,00	

**POZNÁMKY**

- (1) Hodnoty redukčních součinitelů  $\alpha$  pro zatěžovací stavy 2b, 2c a 2d jsou uvedeny v tabulce 4.11 v 4.12.2.
- (2) Hodnota platná pro vedení o jmenovitém napětí 110 kV. V PS může být stanovena hodnota vyšší.
- (3) Hodnota platná pro vedení o jmenovitém napětí 220 a 400 kV.
- (4) Hodnoty redukčních součinitelů  $\alpha_{TSL}$  pro zatížení námrazou pro určení torzního zabezpečovacího zatížení jsou uvedeny v 4.8.2.
- (5) Hodnota redukčního součinitele  $\alpha_{LSL}$  pro zatížení námrazou pro určení podélného zabezpečovacího zatížení pro výztužné podpěrné body je uvedena v 4.8.3.2 ( $\alpha_{LSL} = 0,5$ ).
- (6) Použije se součinitel zatížení  $\gamma_P = 1,5$ , pokud není v PS nebo v této normě stanovena hodnota vyšší (viz 4.9.2 a 4.9.3).



**Tabulka 4.15 – Dílčí součinitele zatížení, součinitele pro kombinační hodnoty zatížení a redukční součinitele pro posouzení dočasných vedení v mezních stavech únosnosti**

Zatěžovací stav		redukční součinitele $B^2, \alpha$		Doba instalace $\leq 3$ dny (4)				Doba instalace $\leq 3$ měsíce (ale $> 3$ dny)				Doba instalace $\leq 1$ rok (ale $> 3$ měsíce)				Tíha
				Doba návratu $T = 2$ roky				Doba návratu $T = 5$ let				Doba návratu $T = 10$ let				
		vítr	námraza	$\gamma_w$	$\psi_w$	$\gamma_i$	$\psi_i$	$\gamma_w$	$\psi_w$	$\gamma_i$	$\psi_i$	$\gamma_w$	$\psi_w$	$\gamma_i$	$\psi_i$	
1	Extrémní zatížení větrem			0,52				0,66 (5)					0,75 (5)			1,00
2a	Extrémní zatížení námrazou					0,26 (6)				0,50 (6)				0,65 (6)		1,00
2b	Rovnoměrná námraza, příčný ohyb		$1, \alpha$ (1)			0,26 (6)				0,50 (6)				0,65 (6)		1,00
2c	Nerovnoměrná námraza, podélný ohyb		$\alpha_1, \alpha_2$ (1)			0,26 (6)				0,50 (6)				0,65 (6)		1,00
2d	Nerovnoměrná námraza, kroucení		$\alpha_3, \alpha_4$ (1)			0,26 (6)				0,50 (6)				0,65 (6)		1,00
3a	Extrémní zatížení námrazou kombinované s rychlostí větru $V_{IH}$				0,22	0,26 (6)			0,25	0,50 (6)			0,25	0,65 (6)		1,00
3b	Jmenovité zatížení námrazou kombinované s rychlostí větru $V_{IL}$	$B^2$ 0,43		Zatěžovací stav 3b se neuvažuje				0,66 (5) (7)			0,35 (6) (7)	0,75 (5) (7)		0,35 (6) (7)		1,00
4	Minimální teplota															1,00
5a	Zabezpečovací zatížení, kroucení		$\alpha_{TSL}$ (2)	$\gamma_{A1} = 1,00$											1,00	
5b	Zabezpečovací zatížení, podélný ohyb			$\gamma_{A2} = 1,00$											1,00	
5c	Zabezpečovací zatížení, podélný ohyb		$\alpha_{LSL}$ (3)	$\gamma_{A2} = 1,00$											1,00	
6	Bezpečnostní zatížení, montážní a údržbová zatížení			$\gamma_P \geq 1,50$ (8)											1,00	

## POZNÁMKY

- (1) Hodnoty redukčních součinitelů  $\alpha$  pro zatěžovací stavy 2b, 2c a 2d jsou uvedeny v tabulce 4.11 v 4.12.2.
- (2) Hodnoty redukčních součinitelů  $\alpha_{TSL}$  pro zatížení námrazou pro určení torzního zabezpečovacího zatížení jsou uvedeny v 4.8.2.
- (3) Hodnota redukčního součinitele  $\alpha_{LSL}$  pro zatížení námrazou pro určení podélného zabezpečovacího zatížení pro výztužné podpěrné body je uvedena v 4.8.3.2 ( $\alpha_{LSL} = 0,5$ ).
- (4) Pro vedení, instalovaná po nominální dobu 3 dnů, lze vzít v úvahu meteorologickou předpověď pro dané místo.
- (5) Ve větrné oblasti I (základní rychlost větru  $V_{b,0} = 22,5$  m/s) se použije hodnota  $\gamma_w = 0,79$ .
- (6) Zatížení námrazou se nemusí uvažovat, je-li vedení instalováno pouze v ročním období, kdy se námraza nevyskytuje. Toto období trvá od 1. dubna do 1. listopadu.
- (7) Uvažuje se jen ve větrné oblasti I.
- (8) Použije se součinitel zatížení  $\gamma_P = 1,5$ , pokud není v PS nebo v této normě stanovena hodnota vyšší (viz 4.9.2 a 4.9.3).

## 5 Elektrické požadavky

### 5.1 Úvod

Účelem této kapitoly je stanovit postup pro výpočet hodnot nejkratších elektrických vzdáleností fáze - fáze a fáze - zem, aby vydržely elektrická namáhání na venkovním vedení. Volbou výdržných izolačních hladin pro dosažení specifických kritérií chování vedení se zabývá kapitola 10.

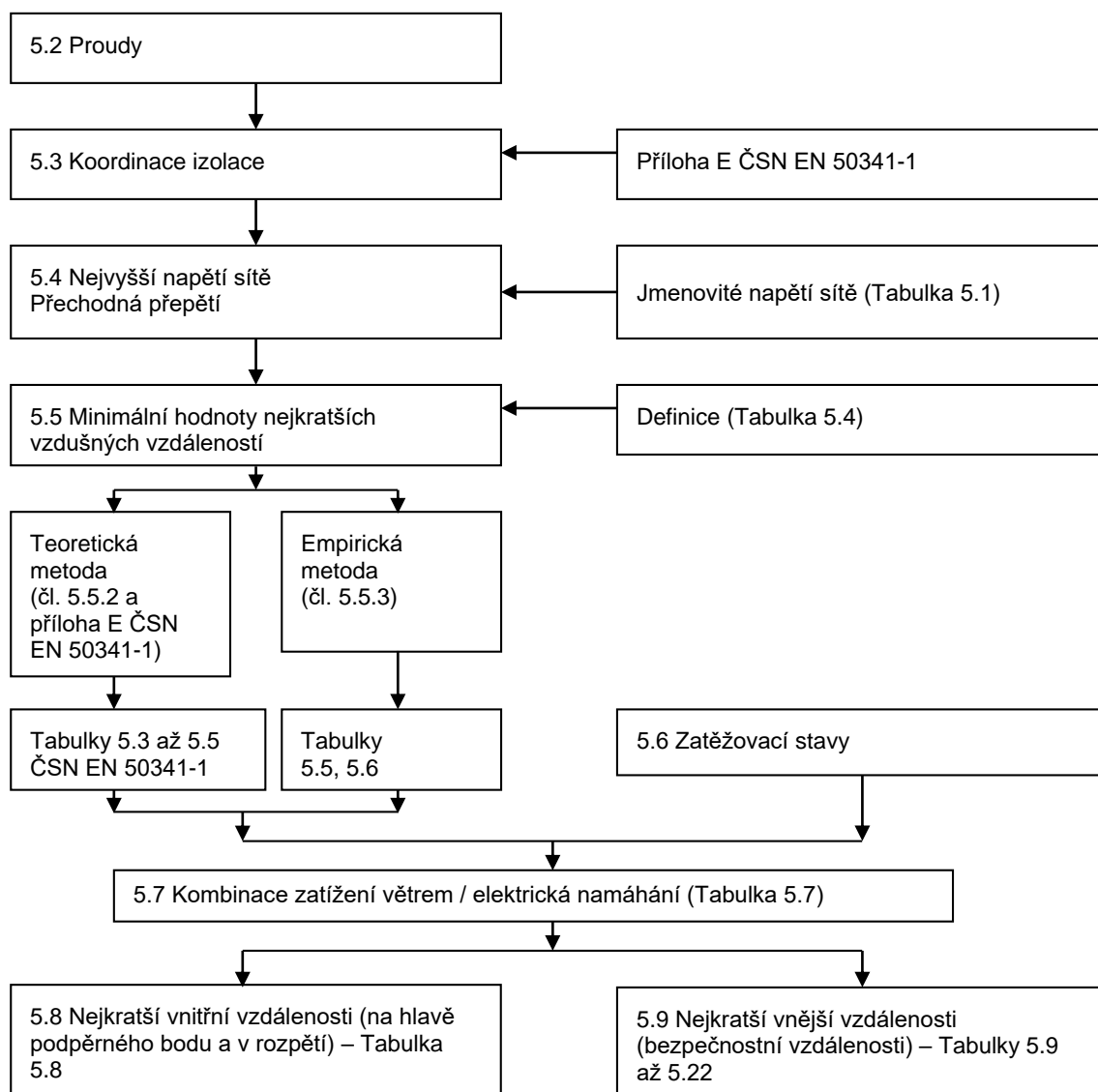
Vnitřní nejkratší vzdálenosti musí zajistit, že pravděpodobnost přeskoků na hlavě podpěrného bodu a uprostřed rozpětí jsou na přijatelně nízké hladině. Vnější nejkratší vzdálenosti ke křížovaným nebo blízkým objektům musí zajistit bezpečnost veřejnosti.

Vnitřní a vnější nejkratší vzdálenosti musí být koordinovány tak, aby přeskoky nastaly uvnitř venkovních vedení a ne k osobám nebo objektům v blízkosti vedení.

Pro dosažení konstrukčních cílů musí být požadované nejkratší vzdálenosti odvozeny z elektrických charakteristik přenosového systému při rozlišení střídavých a impulzních napětí. Meteorologická data o rychlosti větru a hmotnosti nebo tloušťky námrazy se použijí pro určení polohy vodičů a izolátorových závěsů.

Vývojový diagram 5.1 sumarizuje strukturu kapitoly 5.

Hodnoty nejkratších vzdáleností při pracích pod napětím nejsou v této normě uvažovány. Nejkratšími vzdálenostmi pro práce pod napětím se zabývají a doporučení tvoří komise IEC TC 78 a CENELEC TC 78.



Obrázek 5.1 – Struktura kapitoly 5 o elektrických požadavcích

## 5.2 Proudý

### 5.2.1 Normální proud

Normální proud závisí na velikosti přenášeného výkonu a na provozním napětí. Průřez fázových vodičů musí být vybrán tak, aby za podmínek, které musí být definovány v PS, nebyla překročena maximální návrhová teplota materiálu vodiče.

### 5.2.2 Zkratový proud

Venkovní vedení musí být navrženo a postaveno tak, aby bez poškození vydrželo mechanické a tepelné účinky, vyvolané zkratovými proudy, udanými v PS.

Zkratový proud může být:

- třífázový;
- dvoufázový;
- jednofázový k zemi;
- dvoufázový k zemi.

Typické hodnoty doby trvání zkratu pro návrhové účely jsou:

- zemnicí a fázové vodiče 0,5 s;
- příslušenství 1,0 s.

Je však důležité vzít v úvahu skutečnou dobu trvání zkratu, která závisí na vypínacím čase ochranných systémů venkovních vedení. Někdy proto může být doba trvání zkratu delší nebo kratší než výše uvedené typické hodnoty.

Metody pro výpočet zkratových proudů v třífázových střídavých sítích jsou uvedeny v ČSN EN 60909-0 a metody výpočtu účinků zkratových proudů jsou uvedeny v ČSN EN 60865-1. Alternativně mohou být metody výpočtu uvedeny v PS.

## 5.3 Koordinace izolace

### 5.3.1 Obecně

Principy a pravidla koordinace izolace jsou popsány v ČSN EN 60071-1 a EN ČSN 60071-2. Postup při koordinaci izolace sestává z výběru souboru standardních výdržných napětí, která charakterizují izolaci. V případě venkovních vedení zahrnuje obecný teoretický postup následující kroky (jak je uvedeno ve výpočetních rovnicích v příloze E.3 ČSN EN 50341-1):

- určení reprezentativních napětí a přepětí  $U_{rp}$  (popsáno v E.2.2 ČSN EN 50341-1);
- určení koordinačních výdržných napětí  $U_{cw}$  (popsáno v E.2.3 ČSN EN 50341-1);
- určení požadovaných výdržných napětí pro vzduchové mezery  $U_{rw}$  (popsáno v E.2.4 ČSN EN 50341-1);
- určení odpovídajících nejkratších vzdáleností vzduchových mezer,  $d$  (popsáno v E.2.5 ČSN EN 50341-1).

Nicméně minimální hodnoty nejkratších vzdáleností, uvedené dále v této normě, jsou založené také na zkušenosti s dlouhodobě provozně ověřenými vzdálenostmi a považují se proto za empirické (viz 5.5.2).

### 5.3.2 Požadovaná výdržná napětí ( $U_{rw}$ )

Požadovaná výdržná napětí jsou uvedena v tab. 5.1, kde je

- $U_{rw50Hz}$  požadované výdržné napětí síťového kmitočtu;
- $U_{rwLI}$  požadované výdržné napětí při atmosférickém impulzu;
- $U_{rwSI}$  požadované výdržné napětí při spínacím impulzu.

**Tabulka 5.1 – Požadovaná výdržná napětí**

Nejvyšší napětí sítě $U_s$ (kV)	$U_{rw50Hz}$ za deště (kV)	$U_{rwLI}$ za sucha (kV)	$U_{rwsI}$ za deště (kV)
123	230	550	-
245	460	1 050	-
420	-	1 425	1 050
420s <sup>(1)</sup>	-	1 300	950

(1) Snížená izolační hladina, která vyžaduje pro snížení atmosférických a spínacích přepětí použití omezovačů přepětí na vedení.

### 5.3.3 Výdržná napětí izolátorových závěsů

Pro izolátorové závěsy jsou v tabulce 5.2 navíc uvedeny i doporučené maximální hodnoty výdržných napětí.

Pro izolátorové závěsy, volené z hlediska silného znečištění, které jsou delší než z hlediska koordinace izolace, se použijí koordinační jiskřiště, zajišťující výdržná napětí v požadovaných mezích podle tabulky 5.2, nebo musí být vnější vzdálenosti k osobám a objektům větší než  $1,1 a_{som}$ , kde  $a_{som}$  je nejmenší přeskoková vzdálenost na izolačním závěsu nebo k ostatním uzemněným částem podpěrného bodu (viz 5.9.1.5)

**Tabulka 5.2 – Výdržná napětí izolátorových závěsů**

Nejvyšší napětí sítě $U_s$ (kV)	$U_{rw50Hz}$ za deště (kV)	$U_{rwLI}$ za sucha (kV)		$U_{rwsI}$ za deště (kV)	
		minimálně	maximálně	minimálně	maximálně
123	230	550	650	-	-
245	460	1 050	1 200	-	-
420	-	1 425	1 850	1 050	1 200
420s	-	1 300	1 700	950	< 1 050

Hodnoty výdržných napětí v tabulkách 5.1 a 5.2 platí pro nadmořské výšky do 1 000 m.

## 5.4 Klasifikace napětí a přepětí

### 5.4.1 Obecně

Elektrické systémy jsou obvykle charakterizovány jmenovitým napětím sítě  $U_n$ . Napětí sítě je efektivní sdružené napětí síťového kmitočtu.

Napěťová a přepěťová namáhání izolace v provozních podmínkách se klasifikují následovně:

- napětí síťového kmitočtu (dané v 5.4.2);
- dočasná přepětí (dané v 5.4.3);
- přechodná přepětí nebo impulzní napětí.

Střídavá napětí síťového kmitočtu jsou trvalá, zatímco přepětí jsou dočasná nebo přechodná.

Přechodná přepětí jsou klasifikována následně:

- přepětí s pomalým čelem (dané v 5.4.4);
- přepětí s rychlým čelem (dané v 5.4.5).

### 5.4.2 Reprezentativní napětí síťového kmitočtu

Reprezentativní trvalé střídavé napětí síťového kmitočtu se považuje za konstantní a rovno nejvyššímu napětí sítě ( $U_s$ ), nejvyšší hodnotě provozního napětí, která se vyskytne při normálních provozních podmínkách v kteroukoli dobu v libovolném bodu systému.

Nejvyšší napětí pro zařízení ( $U_m$ ) je použito pro izolační hladinu izolátorů a jiných zařízení, připojených k venkovnímu vedení. Definuje kromě jiného napěťovou hladinu, pro kterou je zařízení zkoušeno. Nejvyšší napětí pro zařízení není nižší, než nejvyšší napětí sítě.

V tabulce 5.3 jsou uvedena jmenovitá napětí sítě  $U_n$ , odpovídající nejvyšší napětí sítě  $U_s$  a nejvyšší napětí pro zařízení  $U_m$ . Požadovaná výdržná napětí síťového kmitočtu  $U_{rw50Hz}$  jsou uvedena v tabulce 5.1.

**Tabulka 5.3 – Jmenovitá napětí sítě, nejvyšší napětí sítě a nejvyšší napětí pro zařízení**

Jmenovité napětí sítě $U_n$ (kV)	Nejvyšší napětí sítě $U_s$ (kV)	Nejvyšší napětí pro zařízení (minimální hodnota) $U_m$ (kV)
110	123	123
220	245	245
400	420	420

### 5.4.3 Reprezentativní dočasná přepětí

Dočasná přepětí jsou oscilační přepětí síťového kmitočtu v daném místě s relativně dlouhou dobou trvání, která jsou netlumená nebo slabě tlumená. Jejich obvyklou příčinou jsou poruchy, spínací operace (např. vypnutí zátěže), podmínky rezonance, nelinearity (ferorezonance) nebo kombinace předešlých. Reprezentativní dočasná přepětí má trvání jedné minuty při síťovém kmitočtu, ale obecně není bráno v úvahu pro určení elektrických nejkratších vzdáleností na vedení.

#### 5.4.4 Reprezentativní přepětí s pomalým čelem

Přepětí s pomalým čelem mohou mít původ v poruchách, spínacích operacích nebo ve vzdálených přímých úderech blesku do vedení. Přepětí s pomalým čelem, významná pro venkovní vedení, jsou přepětí při zemních spojeních a přepětí při zapnutí nebo opětovém zapnutí vedení. Reprezentativní napěťové namáhání je charakterizováno:

- normalizovaným tvarem vlny spínacího impulzu (250/2 500  $\mu$ s),
- reprezentativní amplitudou, kterou může být buď předpokládáné maximální přepětí, nebo přepětí, odvozené z rozdělení pravděpodobnosti amplitud přepětí.

Požadovaná výdržná napětí při spínacím impulzu  $U_{wSI}$  jsou uvedena v tabulce 5.1.

#### 5.4.5 Reprezentativní přepětí s rychlým čelem

Přepětí s rychlým čelem, významná pro venkovní vedení, jsou hlavně atmosférická přepětí při přímých úderech blesku do fázových vodičů nebo při zpětných přeskoků nebo, v síti s nižším napětím (< 245 kV), napětí indukovaná do vedení při úderu blesku do země v blízkosti vedení.

Reprezentativní napěťové namáhání je charakterizováno normalizovaným tvarem vlny atmosférického impulzu (1,2/50  $\mu$ s). Reprezentativní amplituda se udává buď jako odhadnutá maximální hodnota nebo se odvozuje z rozdělení pravděpodobnosti vrcholových hodnot. Pro účely určení nejkratších vzdušných vzdáleností se za reprezentativní přepětí má uvažovat přepětí, které se rozšíří za několik stožárů od místa úderu blesku.

Chování venkovních vedení při atmosférických přepětích může být popsáno četností přeskoků při selhání stínění,  $R_{sf}$ , a četností zpětných přeskoků,  $R_b$ . Je určeno provozními hledisky a závisí na izolační pevnosti vedení a na následujících parametrech:

- hustotě úderů blesku do země;
- výšce venkovního vedení;
- uspořádání vodičů;
- ochraně vedení zemnicím lanem (lany);
- uzemnění stožáru;
- instalaci svodičů přepětí na vedení.

Přijatelné úrovně četnosti přeskoků při selhání stínění a četnosti zpětných přeskoků mohou být stanoveny v PS.

POZNÁMKA Směrnice pro výpočet četnosti přeskoků při selhání stínění ( $R_{sf}$ ) a četnosti zpětných přeskoků ( $R_b$ ) je obsažena v publikaci CIGRE č. 63 "Směrnice pro postup při odhadu chování venkovního vedení při atmosférických přepětích (Guide to procedures for estimating the lightning performance of transmission lines)". Část 4 se zabývá  $R_{sf}$  a část 6  $R_b$ .

Požadovaná výdržná napětí při atmosférickém impulzu  $U_{rwl}$  jsou uvedena v tabulce 5.1.

## 5.5 Nejkratší elektrické vzdálenosti ve vzduchu pro zamezení přeskoků

### 5.5.1 Obecně

V této normě se berou v úvahu čtyři typy nejkratších elektrických vzdáleností. Tyto vzdálenosti jsou sumarizovány v tabulce 5.4.

Tabulka 5.4 – Minimální nejkratší vzdálenosti ve vzduchu

Minimální nejkratší vzdálenosti ve vzduchu		
	Minimální nejkratší vzdálenosti požadované k zabránění porušujícího výboje	
	mezi fázovými vodiči a objekty s potenciálem země	mezi fázovými vodiči
při přepětích s rychlým nebo pomalým čelem	$D_{el}$	$D_{pp}$
při střídavém napětí síťového kmitočtu	$D_{50Hz\_p\_e}$	$D_{50Hz\_p\_p}$

$D_{el}$  může být buď:

- $D_{el1}$  nejkratší vnější vzdálenost mezi fázovým vodičem a zemí nebo vnějším objektem;
- $D_{el2}$  nejkratší vnitřní vzdálenost vodič – stožár;
- $D_{el3}$  nejkratší vnitřní vzdálenost vodič – stožár v okně stožáru;
- $D_{el4}$  nejkratší vnitřní vzdálenost vodič – zemnicí lano.

$D_{pp}$ ,  $D_{50Hz\_p\_e}$  a  $D_{50Hz\_p\_p}$  jsou pouze nejkratší vnitřní vzdálenosti. Nicméně vzdálenost  $D_{pp}$  může být také vnější, jestliže se jedná o nejkratší vzdálenost k jiným elektrickým nebo telekomunikačním vedením (viz 5.9.7).

### 5.5.2 Použití teoretické metody podle přílohy E ČSN EN 50341-1

Pro stanovení nejkratších vzdáleností byla použita metoda, založená na zkušenosti s dlouhodobě provozně ověřenými vzdálenostmi, analýze výpočtů podle přílohy E a na experimentálních výsledcích. Vzdálenosti se považují za empirické.

### 5.5.3 Empirická metoda založená na evropských zkušenostech

#### 5.5.3.1 Nejkratší vzdálenosti $D_{el}$ a $D_{pp}$

Nejkratší vzdálenosti  $D_{el}$  a  $D_{pp}$  jsou uvedeny v tabulce 5.5.

Tabulka 5.5 - Nejkratší vzdálenosti  $D_{el}$  a  $D_{pp}$

Nejvyšší napětí sítě $U_s$ (kV)	$D_{el1}$ (m) vnější	$D_{el2}$ (m) vnitřní ke konstrukci	$D_{el3}$ (m) vnitřní v okně stožáru	$D_{el4}$ (m) vnitřní vodič-zemnicí lano	$D_{pp}^{1)}$ (m) vnitřní i vnější vodič-vodič
123	1,0	1,0	1,1	1,0	1,2
245	2,0	1,9 <sup>2)</sup>	2,0 <sup>2)</sup>	1,8	2,2
420	3,0	2,8 <sup>2)</sup>	3,2 <sup>2)</sup>	2,5	3,7
420s	2,6	2,6	2,8	2,3	3,2

1) Vzdálenosti mezi fázovými vodiči stejného systému a k vodičům jiného systému nebo vedení elektrizační soustavy. Přísnější podmínky mohou být stanoveny v PS.

2) Označené vzdálenosti  $D_{el2}$  a  $D_{el3}$  mohou být kratší, pokud se prokáže zkouškami, že tyto vzdálenosti zajistí požadované hladiny výdržných napětí, uvedené v tabulkách 5.1 a 5.2, nebo pokud se přijmou vhodná opatření, která sníží maximální hodnoty přepětí na hodnoty výdržných napětí odpovídající zkráceným vzdálenostem  $D_{el2}$  a nebo  $D_{el3}$ .

### 5.5.3.2 Nejkratší vzdálenosti $D_{50\text{Hz}_p_e}$ a $D_{50\text{Hz}_p_p}$

Nejkratší vzdálenosti ve vzduchu pro výdržná napětí síťového kmitočtu pro extrémní zatížení větrem jsou uvedeny v tabulce 5.6.

**Tabulka 5.6 – Nejkratší vzdálenosti  $D_{50\text{Hz}_p_e}$  a  $D_{50\text{Hz}_p_p}$**

Nejvyšší napětí sítě $U_s$ (kV)	$D_{50\text{Hz}_p_e}$ vodič–konstrukce (m)	$D_{50\text{Hz}_p_p}$ vodič–vodič (m)
123	0,25	0,40
245	0,45	0,70
420	0,75	1,20

Hodnoty v tab. 5.5 a 5.6 platí pro nadmořské výšky do 1 000 m.

## 5.5.4 Další požadavky pro nejkratší vnitřní a vnější vzdálenosti

### 5.5.4.1 Vzdálenosti izolovaných vodičů

Jsou-li fázové vodiče opatřeny pevnou izolační vrstvou, mohou být některé nejkratší vzdálenosti sníženy. Toto snížení musí být předem stanoveno. Při tom je nutno přihlídnout k nebezpečí úrazu elektrickým proudem nebo ke zvýšení rizika poškození jiných zařízení elektrickým proudem.

Jsou-li na podpěrných bodech vedení instalovány holé vodiče systémů se jmenovitým napětím nad 45 kV společně s izolovanými vodiči systému se jmenovitým napětím nad 1 kV do 45 kV, musí být mezi vodiči různých napěťových úrovní dodrženy vzdálenosti jako mezi holými vodiči.

### 5.5.4.2 Vzdálenosti k samonosným dielektrickým kabelům

Nejkratší vzdálenosti k samonosným dielektrickým kabelům mohou být přiměřeně sníženy na předem stanovenou vzdálenost uvedenou v PS.

### 5.5.4.3 Požadavek na dodržení vzdálenosti po dobu životnosti vedení

Vzdálenosti předepsané touto normou, musí být dodrženy po celou dobu návrhové životnosti vedení (musí se uvažovat tečení vodičů - viz kapitola 9).

## 5.6 Zatěžovací stavy pro výpočet nejkratších vzdáleností

### 5.6.1 Zatěžovací podmínky

Pro určení nejkratších elektrických vzdáleností je třeba uvažovat následující zatěžovací podmínky:

- Nejvyšší a nejnižší teplota vodičů (uvedeno v 5.6.2);
- Zatížení větrem (uvedeno v 5.6.3);
- Zatížení námrazou (uvedeno v 5.6.4);
- Kombinované zatížení větrem a námrazou (uvedeno v 5.6.5).

### 5.6.2 Nejvyšší a nejnižší teplota vodičů

#### 5.6.2.1 Nejvyšší návrhová teplota fázových vodičů

Nejvyšší návrhová teplota fázových vodičů pro kontrolu nejkratších vnitřních a vnějších vzdáleností musí být uvedena v PS. Podmínky pro stanovení nejvyšší návrhové teploty fázových vodičů jsou uvedeny v 9.2.2

Při kontrole vnitřních a vnějších vzdáleností při nejvyšší návrhové teplotě se uvažuje teplota vodičů jiných systémů vedení nebo teplota vodičů jiných vedení (včetně zemnicích lan a jiných vodičů) +40 °C, pokud není v PS uvedena teplota nižší.

**POZNÁMKA** Kontrola vnějších a vnitřních vzdáleností při stanovené poruše sítě (např. při zkratu) se neprovádí, pokud není v PS stanoveno jinak.

#### 5.6.2.2 Nejnížší teplota vodičů

Podmínky pro kontrolu vzdálenosti při nejnižší teplotě vodičů:

- teplota vodiče –30 °C,

- bez účinku větru,
- bez námrazy

Tento zatěžovací stav se používá při kontrole vnitřních vzdáleností na rohovém nosném podpěrném bodu a při kontrole vnějších vzdáleností v případě podchodu.

Nejkratší vnitřní vzdálenosti  $D_{ei}$  a  $D_{pp}$ , uvedené v tabulce 5.5, se snižují vynásobením redukčním činitelem  $k_1 = 0,7$  s výjimkou vzdálenosti mezi fázovými vodiči různých systémů.

### 5.6.2.3 Vedení s více systémy

Při kontrole vnitřních vzdáleností mezi vodiči různých systémů v rozpětí a na stožáru se za podmínek bezvětrí uvažuje pro jeden systém nejvyšší návrhová teplota vodičů a pro jiný systém teplota vodičů  $+40\text{ °C}$ .

### 5.6.2.4 Křížení elektrických vedení

Při křížení elektrických vedení se při kontrole vzdáleností mezi vodiči obou vedení za podmínek bezvětrí uvažuje nejvyšší návrhová teplota vodičů horního vedení a teplota vodičů spodního vedení  $+40\text{ °C}$ . Je-li horní vedení stávající, musí být nejvyšší návrhová teplota jeho vodičů stanovena v PS.

## 5.6.3 Zatížení větrem pro určení nejkratších elektrických vzdáleností

### 5.6.3.1 Zatěžovací stavy větrem

Mají se uvažovat tři případy zatěžovacích stavů větrem:

- bezvětrí;
- jmenovité zatížení větrem se střední 10minutovou rychlostí větru s tříletou dobou návratu;
- extrémní zatížení větrem se střední 10minutovou rychlostí větru s padesátiletou dobou návratu.

Jmenovité a extrémní zatížení větrem vodičů a izolátorových závěsů se střední 10minutovou rychlostí větru je uvedeno v článku 4.3.5.

Protože musí být uvažována střední rychlost větru, je v rovnici v článku 4.3.5 použito  $q_h$  místo  $q_p$  a  $G_x = 1$ .

Za podmínek bezvětrí (nejvyšší teplota nebo námraza bez větru) musí být nejkratší vnitřní vzdálenosti větší než  $D_{ei}$  nebo  $D_{pp}$ .

Jmenovitá a extrémní zatížení větrem jsou uvažována v následujících člancích. Obecně se s extrémním zatížením větrem uvažuje pouze při kontrole vnitřních vzdáleností.

### 5.6.3.2 Bezwětrí

Podmínky pro kontrolu vzdáleností při bezvětrí:

- teploty vodičů  $-5\text{ °C}$  a nejvyšší návrhová teplota.

Za bezvětrí se považuje také stav se zatížením větrem o střední rychlosti do 10 m/s (tlak větru  $q_h = 0$  až  $62,5\text{ N/m}^2$ , hodnota součinitele rozpětí  $G_c = 1$ ).

### 5.6.3.3 Jmenovité zatížení větrem

Podmínky pro kontrolu vzdáleností při jmenovitém zatížení větrem:

- teploty vodičů  $-5\text{ °C}$  a  $+40\text{ °C}$ ;
- vodiče bez námrazy.

Při jmenovitém zatížení větrem se nejkratší vnitřní vzdálenosti  $D_{ei}$  a  $D_{pp}$ , uvedené v tabulce 5.5, snižují vynásobením součinitelem  $k_1$ , který je uveden v 5.8.2.

Od stavu bezvětrí k jmenovitému zatížení větrem se musí nejkratší vnější vzdálenosti shodovat s hodnotami nejkratších vzdáleností, které jsou stanoveny v následujících člancích.

### 5.6.3.4 Zatížení nestejným větrem

Podmínky pro kontrolu vzdáleností při zatížení nestejným větrem:

- teploty vodičů  $-5\text{ °C}$  a  $+40\text{ °C}$ ;
- vodiče bez námrazy;



- na jeden vodič působí síla větru, vanoucího kolmo na vodič, odpovídající tlaku větru od 0 až po střední hodnotu tlaku větru s tříletou dobou návratu ( $q_h C_T^2$ );
- současně působí na druhý vodič síla větru, vanoucího ve stejném směru jako na první vodič, odpovídající střední hodnotě tlaku větru vždy o 36 % nižší, než je hodnota tlaku větru, působícího na první vodič.

Tento zatěžovací stav se používá při kontrole vnitřních vzdáleností mezi vodiči a vnějších vzdáleností v případech křížení a souběhů vedení.

Nejkratší vnitřní vzdálenosti  $D_{ei}$  a  $D_{pp}$ , uvedené v tabulce 5.5, se snižují vynásobením redukčním činitelem  $k_1 = 0,7$ , pokud pro vzdálenost mezi fázovými vodiči různých systémů nejsou PS stanoveny požadavky přísnější, tj.  $0,7 < k_1 \leq 1$ .

POZNÁMKA Při kontrole vzdáleností mezi nerovnoběžnými vodiči je nutné u vodiče, na který nevane vítr kolmo, vzít v úvahu při výpočtu zatížení tohoto vodiče větrem vliv úhlu náběhu mezi směrem větru a kolmicí na vodič.

### 5.6.3.5 Extrémní zatížení větrem

Podmínky pro kontrolu vzdáleností při extrémním zatížení větrem:

- teploty vodičů jak  $-5\text{ °C}$  a  $+40\text{ °C}$ ;
- vodiče bez námrazy.

Tento zatěžovací stav se používá při kontrole vnitřních vzdáleností v rozpětí a na podpěrném bodu podle 5.8.

## 5.6.4 Zatížení námrazou pro určení nejkratších elektrických vzdáleností

### 5.6.4.1 Extrémní zatížení námrazou

Podmínky pro kontrolu vzdáleností při rovnoměrném zatížení námrazou:

- teplota vodiče  $-5\text{ °C}$ ,
- bez účinku větru,
- extrémní zatížení vodičů námrazou s 50-ti letou dobou návratu.

### 5.6.4.2 Nerovnoměrné zatížení námrazou

Podmínky pro kontrolu vzdáleností při nerovnoměrném zatížení námrazou:

- teploty vodičů  $-5\text{ °C}$ ,
- bez účinku větru,
- 50 % extrémního zatížení vodičů námrazou pouze v určitých rozpětích (viz případy A a B).

#### Případ A

Při kontrole vnějších vzdáleností ke křížovaným objektům, dopravním cestám, venkovním vedením a plochám se uvažuje 50 % extrémního zatížení vodiče námrazou pouze v křížovatkovém rozpětí, v ostatních rozpětích je vodič bez námrazy. U křížovatek venkovních vedení se na spodním vedení námraza neuvažuje.

Při kontrole vnitřních vzdáleností mezi vodiči (pokud je požadována v PS) a při kontrole vnějších vzdáleností v případě souběhu musí být požadovaná vzdálenost dodržena při 50% extrémního zatížení námrazou na horním vodiči v jakémkoliv jednom rozpětí, přičemž spodní vodič je bez námrazy.

Při kontrole vnějších vzdáleností se tento zatěžovací stav uvažuje pouze u rozpětí, kde je vodič alespoň na jedné straně rozpětí zavěšen na nosném izolátorovém závěsu, který se může vychylovat ve směru vedení.

#### Případ B

Používá se při kontrole vnějších vzdáleností při křížení a souběhu vedení a při kontrole vnitřních vzdáleností mezi vodiči téhož systému nebo různých systémů (pokud je požadována v PS). Při kontrole vnějších vzdáleností se tento zatěžovací stav uvažuje pouze u rozpětí, kde spodní vodič je alespoň na jedné straně rozpětí zavěšen na nosném izolátorovém závěsu, který se může vychylovat ve směru vedení.

Při křížení vedení se na vodičích horního vedení uvažuje 50 % extrémního zatížení vodičů námrazou ve všech rozpětích, současně se na vodičích spodního vedení uvažuje 50 % extrémního zatížení vodičů námrazou ve všech rozpětích kromě rozpětí křížení, kde se námraza neuvažuje.

Při kontrole vnitřních vzdáleností mezi vodiči (pokud je požadována v PS) a při kontrole vnějších vzdáleností v případě souběhu vedení musí být požadovaná vzdálenost dodržena při 50% extrémního zatížení námrazou

na horním vodiči ve všech rozpětích a současně při 50% extrémního zatížení námrazou na spodním vodiči ve všech rozpětích s výjimkou jakéhokoliv jednoho rozpětí křížení, kde se námraza neuvažuje.

### 5.6.5 Kombinované zatížení větrem a námrazou

Podmínky pro kontrolu vzdáleností při kombinovaném zatížení větrem a námrazou:

- teplota vodičů  $-5\text{ °C}$ ;
- extrémní zatížení vodičů námrazou s dobou návratu 50 let;
- zatížení omrzlých vodičů větrem o rychlosti od 0 až po střední rychlost větru s vysokou pravděpodobností při námraze ( $V_{IH}$ ), přičemž součinitel konstrukce pro vodiče  $G_c$  se bere roven 1.

Tento zatěžovací stav se používá při kontrole vnějších vzdáleností v případě, kdy průhyb vodičů při uvažované námraze je větší, než průhyb při teplotě vodičů  $+40\text{ °C}$ . Pro tento zatěžovací stav platí stejné nejkratší vzdálenosti od povrchu omrzlých vodičů jako při zatížení větrem.

### 5.6.6 Kombinované zatížení námrazou a nestejným větrem

Podmínky pro kontrolu vzdáleností při kombinovaném zatížení námrazou a nestejným větrem:

- teplota vodičů  $-5\text{ °C}$ ;
- extrémní zatížení vodičů horního vedení námrazou s dobou návratu 50 let; vodiče spodního vedení bez námrazy;
- na jeden vodič působí síla větru, vanoucího kolmo na vodič, odpovídající rychlosti větru od 0 až po střední rychlost větru s vysokou pravděpodobností při námraze ( $V_{IH}$ ), přičemž součinitel konstrukce pro vodiče  $G_c$  se bere roven 1;
- současně působí na druhý vodič síla větru, vanoucího ve stejném směru jako na první vodič, odpovídající střední rychlosti větru vždy o 20 % nižší, než je rychlost větru, působícího na první vodič.

Tento zatěžovací stav se používá při kontrole vnějších vzdálenosti mezi vodiči různých vedení v křížovatce nebo souběhu. Pro tento zatěžovací stav platí stejné vzdálenosti od povrchu omrzlých vodičů jako při zatížení větrem.

### 5.7 Koordinace polohy vodiče a elektrických namáhání

Tento článek shrnuje, jak střídavá napětí a impulzní rázová napětí z článků 5.4 a 5.5 mohou být kombinována se stavy zatížení větrem z článku 5.6. V tabulce 5.7 jsou uvažovány dva stavy.

Stav A – Při bezvětří nebo jmenovité střední rychlosti větru by měly být odpovídající nejkratší vzdálenosti takové, aby vydržely atmosférické nebo spínací impulzní napětí s pravděpodobností 90 %.

Stav B – Při extrémní střední rychlosti větru by měly být odpovídající nejkratší vzdálenosti takové, aby vydržely pouze střídavé napětí síťového kmitočtu. Pravděpodobnost přeskočení závisí na pravděpodobnosti výskytu odpovídající rychlosti větru. Obecně se tento stav B neuvažuje pro vnější vzdálenosti.

**Tabulka 5.7 – Koordinace polohy vodiče a elektrických namáhání**

		Poloha vodiče a izolátoru		
		Malý nebo nulový úhel vychýlení	Velký úhel vychýlení (pouze pro vnitřní vzdálenosti)	
		Bezvětří nebo jmenovitá rychlost větru s $T = 3$ roky	Extrémní rychlost větru s $T = 50$ let	
		Pravděpodobnost	Vysoká	Nízká
<b>Elektrické namáhání vzduchového mezery</b>	Atmosférické/spínací impulzní napětí	Nízká	Stav A	Neuvažuje se
	Střídavé napětí síťového kmitočtu	Vysoká	Pokryto stavy A a B	Stav B

Extrémní zatížení námrazou může být také považováno za stav A zmíněný výše.

Postup pro určení polohy vodiče a izolátorového závěsu vedení je uveden v 5.8.

## 5.8 Nejkratší vnitřní vzdálenosti v rozpětí a na podpěrném bodu

### 5.8.1 Obecně

Nejkratší vnitřní vzdálenosti zahrnují vzdálenosti fáze – fáze a fáze – zem. U nejkratších vnitřních vzdáleností se rozlišuje:

- vzdálenost mezi fázovými vodiči;
- vzdálenost mezi fázovým vodičem a zemnicím lanem nebo uzemněnými částmi podpěrného bodu.

Nejkratší vnitřní vzdálenosti se kontrolují:

- na podpěrném bodu;
- v rozpětí, zejména uprostřed.

### 5.8.2 Redukční součinitel pro nejkratší vnitřní vzdálenosti

U zatěžovacích stavů Jmenovité zatížení větrem (5.6.3.3) a Zatížení nestejným větrem (5.6.3.4) se připouští snížení základních nejkratších vnitřních vzdáleností mezi živými částmi  $D_{pp}$  nebo mezi živými a uzemněnými částmi  $D_{el}$ . Tyto základní nejkratší vzdálenosti se násobí redukčním činitelem  $k_1 = 0,7$ , pokud pro vzdálenost mezi fázovými vodiči různých systémů nejsou v PS stanoveny požadavky přísnější, tj.  $0,7 < k_1 \leq 1$ .

U zatěžovacích stavů Bezvětrí (5.6.3.2) a Extrémní zatížení větrem (5.6.3.5) se základní vzdálenosti uvedené v tabulkách 5.5 a 5.6 redukčním činitelem nenásobí.

Použití redukčního činitele  $k_1$  pro nejkratší vnitřní vzdálenosti pro další zatěžovací stavy – viz 5.8.3.

POZNÁMKA Pro různé zatěžovací stavy se připouští různé hodnoty redukčního činitele  $k_1$ .

Minimální hodnoty nejkratších vzdáleností v rozpětí a na podpěrném bodu jsou uvedeny v tabulce 5.8.

**Tabulka 5.8 – Nejkratší vnitřní vzdálenosti v rozpětí a na podpěrném bodu**

Napětí $U_n$ [kV] Zatěžovací stav	Případy vzdálenosti: v rozpětí a na podpěrném bodu												Poznámky
	V rozpětí						Na podpěrném bodu						
	fázový vodič - fázový vodič			fázový vodič - zemnicí lano			mezi fázemi nebo mezi systémy			mezi fázovými vodiči a uzemněnými částmi <sup>3)</sup>			
	110	220	400	110	220	400	110	220	400	110	220	400	
Nejvyšší návrhová teplota vodiče	1,2	2,2	3,7	1	1,8	2,5	1,2	2,2	3,7	1,0	1,9	2,8	1)
Extrémní zatížení námrazou	1,2	2,2	3,7	1	1,8	2,5	1,2	2,2	3,7	1,0	1,9	2,8	1)
Jmenovité zatížení větrem	0,84	1,54	2,59	0,7	1,26	1,75	0,84	1,54	2,59	0,7	1,33	1,96	2)
Extrémní zatížení větrem	0,4	0,7	1,2	0,25	0,45	0,75	0,4	0,7	1,2	0,25	0,45	0,75	
1) Zatěžovací podmínky při bezvětrí.													
2) Při vychýlení větrem je malá pravděpodobnost současného výskytu přepětí, nejkratší vzdálenosti jsou sníženy součinitelem $k_1 = 0,7$ ; v PS mohou být stanoveny podmínky přísnější (určena hodnota $k_1$ v rozsahu $0,7 < k_1 \leq 1,0$ )													
3) Hodnoty pod lomící čarou platí pro okno stožáru.													

### 5.8.3 Další podmínky pro kontrolu vnitřních vzdáleností

Pro zatěžovací stav Nejnižší teplota platí snížené vzdálenosti jako pro Jmenovité zatížení větrem ( $k_1 = 0,7$ ), pokud nejsou v PS stanoveny podmínky přísnější (určena hodnota  $k_1$  v rozsahu  $0,7 < k_1 \leq 1,0$ )

Pro zatěžovací stav Zatížení nestejným větrem podle 5.6.3. platí stejné snížené vzdálenosti  $k_1 D_{el}$  a  $k_1 D_{pp}$  s hodnotou  $k_1 = 0,7$  jako pro zatěžovací stav Jmenovité zatížení větrem, pokud v PS nejsou uvedeny požadavky přísnější ( $0,7 < k_1 \leq 1$ ).

Je-li v PS požadována kontrola vnitřních vzdáleností mezi fázovými vodiči a zemnicími lany, mezi fázovými vodiči stejného systému nebo fázovými vodiči různých systémů stejné společnosti při nerovnoměrném zatížení námrazou podle 5.6.4.2, mohou být nejkratší vnitřní vzdálenosti  $D_{pp}$  a  $D_{el4}$  sníženy redukčním činitelem  $k_1$ , jehož hodnota musí být v PS stanovena.

V PS mohou být požadovány větší vzdálenosti mezi vodiči různých systémů, nelze-li při práci na jednom systému jiné systémy vypnout.

### 5.8.4 Empirická metoda pro výpočet nejkratších vnitřních vzdáleností v rozpětí

Minimální vzdálenost mezi dvěma vodiči se stejnými průřezy, materiály, složením a průhyby za bezvětří, vypočtená podle níže uvedené metody zajišťuje, že nebudou porušeny nejkratší vzdálenosti mezi vodiči při větru.

Uprostřed rozpětí musí být za bezvětří při teplotě +40 °C dodrženy alespoň vzdálenosti  $b_{emp}$  podle následujících vzorců:

$$b_{emp} = k_{emp} \cdot \sqrt{f + L_{ins}} + c_{emp} \cdot D_{pp} \quad \text{mezi fázovými vodiči stejného systému a mezi vodiči různých systémů,}$$

$$b_{emp} = k_{emp} \cdot \sqrt{f + L_{ins}} + c_{emp} \cdot D_{el4} \quad \text{mezi fázovým vodičem a zemnicím lanem,}$$

kde je

$b_{emp}$  nejkratší vzdálenost dvou vodičů nebo svazků uprostřed rozpětí (m);

$f$  průhyb vodiče (m) za bezvětří při teplotě +40 °C;

$L_{ins}$  svislá délka nosného izolátorového závěsu (m), resp. svislá délka té jeho části, která se může vychylovat ve směru kolmém na trasu vedení. Jsou-li délky izolátorových závěsů na obou podpěrných bodech rozpětí různé, dosadí se do vzorce jejich aritmetický průměr. Pro izolátorové závěsy, které se nemohou vychylovat ve směru kolmém k ose vedení, pro kotevní izolátorové závěsy, izolační konzoly a pevné podpěrné izolátory pro vedení se bere  $L_{ins} = 0$ ;

$D_{pp}$  nejkratší vzdálenost pro uspořádání vodič – vodič (m) podle tabulky 5.5. Při kontrole vzdáleností mezi fázovými vodiči různých systémů s různým jmenovitým napětím se bere vzdálenost  $D_{pp}$  odpovídající vyššímu napětí;

$D_{el4}$  nejkratší vzdálenost pro uspořádání vodič – zemnicí lano (m) podle tabulky 5.5;

$c_{emp}$  konstanta, pro kontrolu vnitřních vzdáleností se bere  $c_{emp} = 0,6$ ;

$k_{emp}$  součinitel, závislý na tíze vodiče a vzájemné poloze obou vodičů podle vzorce:

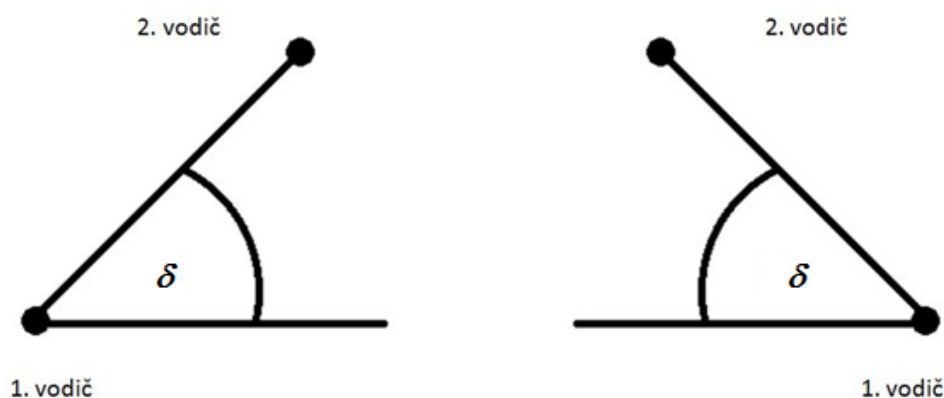
$$k_{emp} = 0,54 + \frac{(1+d/g_c)}{200} \cdot \left[ 5,7 - 2,1 \cdot \left( 1 + \frac{\delta}{50} \right) \cos(2\delta) + 0,5 \sin(2\delta) \right]$$

kde je

$d$  průměr (neomrzlého) vodiče nebo dílčího vodiče ve svazku (mm),

$g_c$  tíha vodiče nebo jednoho dílčího vodiče svazku na 1 m délky (N.m<sup>-1</sup>),

$\delta$  úhel, který svírá vodorovná rovina s přímkou, určenou průsečíky os obou vodičů (resp. svazků) s rovinou kolmou k trase vedení uprostřed rozpětí (viz obrázek 5.1). Udává se ve stupních (°) a nabývá velikosti od 0° do 90°.



Obrázek 5.1 – Úhel mezi vodiči

Minimální nejkratší vzdálenosti  $b_{emp}$  mezi vodiči v rozpětí, vypočtené podle výše uvedených empirických vztahů, však nesmí být menší než minimální nejkratší vzdálenost mezi vodiči  $D_{pp}$  nebo  $D_{el4}$  podle tabulky 5.5.

Nejkratší vzdálenosti mezi izolovanými vodiči v rozpětí se určí jako 1/3 vzdálenosti  $b_{emp}$ , vypočtené pro vedení s holými vodiči.

POZNÁMKA Tato metoda nenahrazuje kontrolu vnitřních vzdáleností při námraze.

### 5.8.5 Přibližná metoda pro výpočet vzdálenosti mezi vodiči s různými průřezy, materiály, průhyby nebo vzájemnými pozicemi na podpěrných bodech

V případě vodičů s různými průřezy, materiály nebo průhyby se může provést výpočet nejkratších vzdáleností mezi dvěma vodiči způsobem podle 5.8.4. Nejkratší vzdálenosti  $b_{emp}$  se vypočtou samostatně pro každý vodič s příslušnými hodnotami  $k_{emp}$  a  $(f + L_{ins})$ . Rozhodující je větší ze vzdáleností  $b_{emp}$ , vypočtených pro oba vodiče.

Nejsou-li horizontální nebo vertikální vzdálenosti mezi oběma vodiči na obou podpěrných bodech rozpětí stejné, musí se ověřit, že v kterémkoliv místě rozpětí nejsou vzdálenosti mezi vodiči menší než vzdálenosti, vypočtené způsobem podle 5.8.4. V tomto případě je nutné do vzorce dosazovat průhyb  $f_r$  v kontrolovaném místě rozpětí, součinitel  $k_{emp,r}$ , vypočtený pro úhel  $\delta_r$  v kontrolovaném místě rozpětí a v případě, že délky nosných izolátorových závěsů nejsou na obou podpěrných bodech stejné, ekvivalentní délku  $L_{ins,r}$ , vypočtenou ze vztahu

$$L_{ins,r} = L_{ins1} + (L_{ins2} - L_{ins1}) \cdot r/L$$

kde je

$L_{ins1}$  délka kratšího závěsu (m);

$L_{ins2}$  délka delšího závěsu (m);

$L$  délka rozpětí (m);

$r$  vodorovná vzdálenost mezi závěsným bodem kratšího izolátorového závěsu a místem v rozpětí, kde se kontroluje vzdálenost mezi vodiči (m).

Jsou-li v kontrolovaném rozpětí na jednom z podpěrných bodů (případně na obou podpěrných bodech) izolátorové závěsy, které se nemohou vychylovat kolmo k ose vedení (např. kotevní izolátorové závěsy, izolační konzoly nebo pevné podpěrné izolátory pro vedení), bere se  $L_{ins1}$  (příp. i  $L_{ins2}$ ) = 0.

Minimální nejkratší vzdálenosti  $b_{emp}$  mezi vodiči v rozpětí, vypočtené výše uvedeným způsobem, však nesmí být menší, než minimální nejkratší vzdálenost mezi vodiči  $D_{pp}$  nebo  $D_{el4}$  podle tabulky 5.5.

Nejkratší vzdálenosti mezi izolovanými vodiči v rozpětí se určí jako 1/3 vzdálenosti  $b_{emp}$  vypočtené pro vedení s holými vodiči.

Při použití metody, uvedené v tomto článku, musí být také kontrolována vnitřní vzdálenost mezi vodiči vychýlenými větrem za podmínek Zatížení nestejným větrem podle 5.6.3.4. Musí být prokázáno, že za těchto podmínek je zajištěna nejkratší vzdálenost mezi vodiči alespoň  $k_1 D_{pp}$  podle 5.8.2.

### 5.8.6 Vliv izolátorového závěsu na určení nejkratších vzdáleností na podpěrném bodu

Při vyhodnocování nejkratších vzdáleností na podpěrném bodu podle 5.8 se musí vzít v úvahu úhel vychýlení izolátorového závěsu, který se získá z poměru horizontální síly větru  $Q_{Wc}$  působící na vodič a vertikální vlastní tíhy vodiče  $G_K$ , založené na váhovém rozpětí.

Úhel vychýlení izolátorového závěsu se vypočte ze vzorce

$$\varphi = \arctg (C_T^2 Q_{Wc} / G_K)$$

kde je

$Q_{Wc}$  síla větru na vodič podle 4.4.1.1 a 4.4.1.3, kde ve výrazu pro  $Q_{Wc}$  se maximální tlak větru  $q_p(h)$  nahradí středním tlakem větru  $q_h(h)$  podle 4.3.3 a použije se konzervativní hodnota  $G_c = 1$  a úhel  $\phi = 0^\circ$ ;

$C_T$  převodní součinitel pro rychlost větru s dobou návratu  $T$  roků. Pro zatížení extrémním větrem s dobou návratu 50 let  $C_T^2 = 1$ , pro zatížení jmenovitým větrem s dobou návratu 3 roky  $C_T^2 = 0,58$ ;

$G_K$  vlastní tíha vodiče, určená ze vzorce

$$G_K = g_c (L_{W1} + L_{W2})$$

kde je

$g_c$  tíha vodiče na 1 m délky;

$L_{W1}, L_{W2}$  příspěvky váhového rozpětí z obou sousedních rozpětí při uvažované teplotě ( $-5^\circ\text{C}$  a  $+40^\circ\text{C}$ ) a zatížení větrem.

Při přesnějším výpočtu s uvažováním síly větru na izolátorový závěs a tíhy izolátorového závěsu se úhel vychýlení izolátorového závěsu vypočte ze vzorce

$$\varphi = \arctg \left[ \frac{C_T^2 \left( Q_{Wc} + \frac{1}{2} Q_{Wins} \right)}{G_K + \frac{1}{2} 9,81 m_{ins}} \right]$$

kde je

$Q_{Wins}$  síla větru na izolátorový závěs podle 4.4.2, kde ve vzorci pro  $Q_{Wins}$  se maximální tlak větru  $q_p(h)$  nahradí středním tlakem větru  $q_n(h)$  podle 4.3.3;

$m_{Ins}$  hmotnost izolátorového závěsu.

U rohových nosných podpěrných bodů se kromě síly větru na vodič musí uvažovat výslednice tahů ve vodiči při příslušném zatížení větrem a teplotě  $-5\text{ °C}$ . Za stejných podmínek se stanoví i tíha vodiče.

Jestliže je zemnicí lano upevněno výše než fázový vodič, nesmí se prohnout pod fázový vodič.

## 5.9 Nejkratší vnější vzdálenosti

### 5.9.1 Obecně

#### 5.9.1.1 Obecně

Účelem nejkratších vnějších vzdáleností je zabránit ohrožení veřejnosti, osob vykonávajících práci v blízkosti silových vedení a osob provádějících údržbu silové sítě elektrickým výbojem.

Cílem těchto nejkratších vzdáleností je zajistit, že jakákoliv část osoby nebo jakéhokoliv předmětu, u kterého může být odůvodněně očekáváno, že je touto osobou nesen, je zabráněno dostat se blíže, než na vzdálenost  $D_{el}$  od vodiče pod napětím.

V případech styku vedení s objekty nebo plochami, které nejsou uvedeny v následujících člancích, se přiměřeně použijí příslušná ustanovení článků v této normě uvedených.

Nejkratší vnější vzdálenosti, uvedené v tabulkách 5.9 až 5.20 a 5.22, jsou součtem základních vzdáleností  $D_{el}$  (mezi vodiči vedení se jmenovitým napětím nad 1 kV se místo vzdálenosti  $D_{el}$  používá vzdálenost  $D_{pp}$ ) a dodatečných bezpečnostních vzdáleností, nezbytných pro zajištění, že žádná osoba nebo vodivý předmět nevstoupí do elektrické vzdálenosti  $D_{el}$ , i když vykonává práci nebo volnočasové aktivity, které mohou být s přiměřenou pravděpodobností očekávány.

Riziko přeskočení musí být vždy na vnitřní vzdálenosti  $a_{som}$  a ne na jakýkoliv vnější objekt nebo osobu (viz 5.9.1.5).

Nejkratší vzdálenosti nesmí být porušeny po celou dobu návrhové životnosti vedení, tj. jak v počátečním stavu po montáži nových vodičů, tak v konečném stavu po prodloužení vodičů. Tyto okolnosti je proto nutné vzít při návrhu a stavbě vedení v úvahu. Počáteční stav je nutno vzít v úvahu zejména při kontrole vzdáleností k objektům, které vedení podchází.

Není-li v tabulkách uvedeno jinak, míní se nejkratší vzdáleností nejkratší přímá vzdálenost v prostoru mezi živými částmi a uvažovaným objektem.

Vyšší hodnoty pro minimální nejkratší vzdálenosti mohou být uvedeny v PS. Tyto hodnoty pak ruší hodnoty uvedené v této normě.

#### 5.9.1.2 Další zatěžovací stavy pro nejkratší vzdálenosti od budov, dopravních cest, jiných vedení a rekreačních ploch

Kromě zatěžovacích stavů, uvedených v příslušných tabulkách k tomuto článku, se uvažují pro nejkratší vzdálenosti od budov, dopravních cest, jiných vedení, nadzemních potrubí a rekreačních ploch ještě zatěžovací stavy Nerovnoměrné zatížení námrazou podle 5.6.4.2 a Kombinované zatížení námrazou a větrem podle 5.6.5. Pro zatěžovací stav Nerovnoměrné zatížení námrazou platí stejné minimální nejkratší vzdálenosti jako pro zatěžovací stav Extrémní zatížení námrazou, pokud není v následujících člancích uvedeno jinak. Pro zatěžovací stav Kombinované zatížení námrazou a větrem podle 5.6.5 platí stejné minimální nejkratší vzdálenosti jako pro zatěžovací stav Jmenovité zatížení větrem podle 5.6.3.3.

#### 5.9.1.3 Použití dvojitých a vícenásobných závěsů

V rozpětích, která křížují budovy, jejichž normální užívání je spojeno s přítomností osob a v rozpětích, kde vedení křížuje dráhy, pozemní komunikace (s výjimkou silnic III. a IV. třídy a účelových komunikací), sledované vodní cesty, rekreační a sportovní plochy, parky, nadzemní elektrická vedení nízkého napětí a nadzemní telekomunikační vedení, hřbitovy a nadzemní kovová potrubí, musí být na obou přilehlých podpěrných bodech použity dvojitě nebo vícenásobně izolátorové závěsy.

V PS může být použito dvojitých nebo vícenásobných závěsů požadováno i v jiných případech.

### 5.9.1.4 Spojování vodičů v rozpětí

V rozpětích, kde vedení křížuje budovy, jejichž normální užívání je spojeno s přítomností osob a v rozpětích, kde vedení křížuje silnice, místní komunikace I. nebo II. třídy, sledované vodní cesty, rekreační a sportovní plochy, smí být na každém jednoduchém vodiči nebo dílčím vodiči svazku nejvýše jedna spojka.

V rozpětích, kde vedení křížuje dráhy, dálnice, rychlostní silnice a rychlostní místní komunikace, nesmí být vodiče spojovány.

Při stavbě nového vedení nesmí být v žádném rozpětí, kde je spojování vodičů povoleno, více než jedna spojka v každém jednoduchém vodiči nebo dílčím vodiči svazku.

V PS může být spojování vodičů v rozpětí omezeno i na další případy, případně na celé vedení.

Spojky nesmí být umístěny v blízkosti jiných armatur na vodiči, mezi armaturami musí být dostatečná technicky ověřená volná délka lana. Výjimka je možná v případě oprav stávajících vedení. V PS mohou být stanoveny další požadavky na počty spojek, jejich nejmenší vzájemnou vzdálenost, nejmenší vzdálenost spojky od stožáru apod.

### 5.9.1.5 Kontrola vnějších vzdáleností s ohledem na nejkratší vnitřní vzdálenost $a_{som}$

Jsou-li kvůli znečištění ovzduší nebo z jiných důvodů výdržná napětí izolátorových závěsů vyšší než podle tabulky 5.2, musí se při křížení stabilních objektů a tam, kde se může vyskytovat člověk, i s uvažováním jeho výšky, kontrolovat vnější vzdálenosti na dodržení podmínky, že vzdálenost k objektům nebo člověku je větší než 110 %  $a_{som}$ , kde  $a_{som}$  je nejmenší přeskoková vzdálenost na izolačním závěsu nebo k ostatním uzemněným částem podpěrného bodu.

Při kontrole se  $a_{som}$  zjišťuje na obou podpěrných bodech křížovatkového rozpětí. Kontrola se provádí pro zatěžovací stavy podle 5.6.2.1 a 5.6.4.

### 5.9.2 Nejkratší vzdálenosti vodičů od země

Základním požadavkem je, že dopravní prostředek nebo osoba mohou projet nebo projít pod vedením bez nebezpečí. Maximální výška dopravního prostředku je uvažována 5 m.

Platné nařízení vlády udává tzv. dovolenou indukovanou proudovou hustotu v mA/m<sup>2</sup> pro místa přístupná veřejnosti a pro prostory nepřístupné veřejnosti. Pro dodržení požadovaných hodnot hygienických limitů je potřeba větší výška vodičů nad terénem, než postačuje podle této normy. Vztahuje se i na všechny ostatní případy styku vedení s objekty, kdemůže dojít k pobytu osob pod nebo blízko vedení.

Tabulka 5.9 - Nejkratší vzdálenost od země

Vzdálenost k zemi ve volné krajině (m)						
	Normální terénní profil			Skalní stěna nebo strmý svah		
	Volně přístupná místa			Zcela nepřístupná nebo zneprístupněná místa		
Napětí $U_n$ (kV)	110	220	400	110	220	400
Zatěžovací stav						
Nejvyšší návrhová teplota vodiče	6	7	8	3	4	5
Extrémní zatížení námrazou	6	7	8	3	4	5
Jmenovité zatížení větrem	6	7	8	3	4	5
Kombinované zatížení větrem a námrazou	6	7	8	3	4	5

### 5.9.3 Nejkratší vzdálenost od porostů

Vzdálenost porostů (větví a kmenů) od živých částí vedení musí být taková, aby nedošlo k ohrožení osob na stromech při česání ovoce a prořezávání stromů.

Tam, kde se pod vedením šplhá po stromech nebo leze po žebříku (např. v ovocných sadech a chmelnicích), výška nad žebříkem nebo stromem musí být taková, aby práce v blízkosti vedení mohly být prováděny bez nebezpečí.

Podmínky pro pěstování porostů v okolí elektrických vedení jsou stanoveny energetickým zákonem.

Při projektování vedení nad lesy bez lesního průseku je nutno počítat s budoucí maximální výškou stromů.

Pokud je riziko zemního spojení v důsledku pádu stromů (rostoucích vedle vedení) nepřijatelné, pak musí být výška stromů snížena nebo být zvětšena vodorovná vzdálenost stromů od vedení. Vzdálenost se určuje výpočtem z výšky stromu s uvažováním jeho růstu a výšky nejvíce ohroženého vodiče nad vodorovnou rovinou, procházející patou stromu, při největším průhybu vodiče.

PS může požadovat (například pro vedení s požadovanou vysokou spolehlivostí) vykácení stromů do takové vzdálenosti nebo jejich ořezání tak, aby se při pádu nedotkly vodičů.

Vzdálenost se pak určuje podle vzorce

$$D_{tr} = \sqrt{H_{tr}^2 - h_{ctr}^2}$$

kde je

$D_{tr}$  vodorovná vzdálenost kmene stromu od nejvíce ohroženého vodiče v m;

$H_{tr}$  výška stromu s uvažováním jeho růstu v m;

$h_{ctr}$  výška v m nejvíce ohroženého vodiče nad vodorovnou rovinou, procházející patou stromu, při největším průhybu. Výška vodiče se měří ve svislé rovině kolmé na vodič a procházející patou stromu.

**Tabulka 5.10 – Nejkratší vzdálenosti od porostů**

	Vzdálenost od porostů (m)											
	Pod vedením						Vedle vedení					
	Porosty, u kterých se předpokládá výstup osob			Porosty, u kterých se předpokládá výstup osob			Porosty, na které nelze vylézt (nejkratší vodorovná vzdálenost)			Porosty, na které lze vylézt (nejkratší vodorovná vzdálenost)		
Napětí $U_n$ (kV)	110	220	400	110	220	400	110	220	400	110	220	400
Zatěžovací stav												
Nejvyšší návrhová teplota vodiče	1	2	3	2,5	3,5	4,5	1	2	3	2,5	3,5	4,5
Extrémní zatížení námrazou	1	2	3	2,5	3,5	4,5	1	2	3	2,5	3,5	4,5
Jmenovité zatížení větrem	1	2	3	2,5	3,5	4,5	1	2	3	2,5	3,5	4,5

#### 5.9.4 Nejkratší vzdálenosti vodičů od budov

Účelem těchto nejkratších vzdáleností je zamezit, aby se kterákoliv část lidského těla nebo jakéhokoliv objektu přiblížila k vedení blíže než na vzdálenost  $D_{el}$ .

Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích (energetický zákon) v platném znění uvádí v §46 účel ochranných pásem zařízení elektrizační soustavy, vymezuje jejich rozsah a zakazuje v těchto pásmech zřizovat stavby a umísťovat konstrukce nebo jiná podobná zařízení bez souhlasu vlastníka vedení. V ochranném pásmu vedení nesmí být umístěny čerpací stanice a uskladněny hořlavé a výbušné látky.

Vydá-li vlastník vedení písemný souhlas s umístěním staveb nebo konstrukcí v ochranném pásmu vedení, musí se dodržet vzdálenosti dle tabulky 5.11, pokud vlastník vedení nestanoví podmínky přísnější.

Kromě zatěžovacích stavů, uvedených v tabulce, se uvažuje ještě zatěžovací stav Kombinované zatížení větrem a námrazou, pro který platí stejné vzdálenosti jako pro zatěžovací stav Jmenovité zatížení větrem.

Přísnější hodnoty, než uvádí tabulka 5.11, mohou být stanoveny v PS.



Tabulka 5.11 - Nejkratší vzdálenost od obytných a jiných budov a konstrukcí

Případy vzdálenosti: Obytné a jiné budovy a konstrukce (m)									
	Vedení na budovami								
	Od částí budov vzdorujících ohni, jejichž sklon je větší než 15° vůči vodorovné rovině			Od částí budov vzdorujících ohni, jejichž sklon je menší nebo rovný 15° vůči vodorovné rovině			Od částí budov nevzdorujících ohni a instalací citlivých na oheň		
<b>Napětí <math>U_n</math> (kV)</b>	110	220	400	110	220	400	110	220	400
Zatěžovací stav	110	220	400	110	220	400	110	220	400
Nejvyšší návrhová teplota vodiče	3	4	5	5	6	7	11	12	13
Extrémní zatížení námrazou	3	4	5	5	6	7	11	12	13
Jmenovité zatížení větrem	3	4	5	5	6	7	11	12	13
Nerovnoměrné zatížení námrazou	3	4	5	5	6	7	-	-	-
Poznámky	Považuje se za přiměřené, že na části budovy stojí osoba s nářadím kvůli údržbě			Považuje se za přiměřené, že na části budovy stojí osoba s nářadím kvůli údržbě a použije malý žebřík			Vzdálenost bude postačující pro odstranění možnosti, aby indukované napětí mohlo způsobit vznícení		
	Vedení v blízkosti budov (vodorovná vzdálenost)			Antény, vlajkové stožáry, reklamní štíty a podobné konstrukce					
				Antény a zařízení pro ochranu před bleskem			Pouliční lampy, vlajkové stožáry, reklamní štíty a podobné konstrukce, na kterých nelze stát		
<b>Napětí <math>U_n</math> (kV)</b>	110	220	400	110	220	400	110	220	400
Zatěžovací stav	110	220	400	110	220	400	110	220	400
Nejvyšší návrhová teplota vodiče	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Extrémní zatížení námrazou	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Jmenovité zatížení větrem	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Nerovnoměrné zatížení námrazou	-	-	-	2	3	4	2	3	4
Poznámky	Pokud tato horizontální vzdálenost nebude dodržena, musí se dodržet vertikální vzdálenost vedení nad budovou			Při pádu konstrukce směrem k vodičům nesmí být mezi vodičem a konstrukcí menší vzdálenost než $0,5 + D_{50\text{Hz}_p\_e}$ . Tato podmínka se kontroluje jen pro zatěžovací stavy Nejvyšší teplota vodičů a Extrémní zatížení námrazou.					

Pod pojmem obytné a jiné budovy a konstrukce jsou zahrnuty objekty s trvalým pobytem osob (obytný dům, prodejna), objekty s příležitostným pobytem osob (chata, rekreační nebo sportovní objekt, konstrukce autobusové zastávky), objekty průmyslové kryté (dílna, sklad, hala, garáž, vodárna, vodojem, čistička), objekty průmyslové nekryté (fotovoltaické panely), objekty zemědělské kryté (stáj, stodola, skleník, včelín), ostatní objekty (oplocení, protihluková stěna, reklamní poutač, radiokomunikační zařízení).

Za části budov vzdorujících ohni se považují

- části budov, jejichž povrchová úprava odpovídá klasifikaci stavebních výrobků do třídy reakce na oheň A1 a A2 podle ČSN EN 13501-1 (materiály uvedené v tabulce A.1 ČSN 73 0810);
- střešní krytiny, zařazené do třídy B<sub>ROOF</sub> podle ČSN EN 13501-5 (výrobky pro střešní krytiny uvedené v tabulkách A.10 a A.11 ČSN 73 0810 splňují požadavky na funkční charakteristiku chování při vnějším požáru).

Je-li povrchová úprava budov a střešních krytin provedena z materiálů, uvedených v citovaných tabulkách ČSN 73 0810, jsou tyto části budov posuzovány jako nešířící požár z vnější strany, tedy vzdorující ohni.

Objekty, které nesplňují výše uvedená kritéria, jsou posuzovány jako budovy nebo střešní krytiny, které nejsou odolné proti šíření požáru, tedy nevzdorující ohni.

### 5.9.5 Nejkratší vzdálenost od pozemních komunikací

Pro styk venkovních vedení s pozemními komunikacemi platí zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích a vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích.

**Tabulka 5.12 - Nejkratší vzdálenosti od pozemních komunikací**

Minimální vzdálenosti vodičů vedení od pozemních komunikací (m)												
Napětí $U_n$ [kV] Zatěžovací stav	K povrchu dálnice a rychlostní silnice			K povrchu silnice I., II. a III. třídy			K povrchu účelových komunikací a místních komunikací IV. třídy včetně polních a lesních cest, cyklistických stezek a chodníků			K vnějšímu okraji vozovky (vč. zpevněné krajnice dálnice, hlavní a vedlejší silnice)		
	110	220	400	110	220	400	110	220	400	110	220	400
Nejvyšší návrhová teplota	7	8	9	7	8	9	6	7	8	1,5	2,5	3,5
Extrémní zatížení námrazou	7	8	9	7	8	9	6	7	8	1,5	2,5	3,5
Jmenovité zatížení větrem a Kombinované zatížení větrem a námrazou	7	8	9	7	8	9	6	7	8	1,5	2,5	3,5
Nerovnoměrné zatížení námrazou	7	8	9	7	8	9	-	-	-	1,5	2,5	3,5
Poznámky										Vodorovná vzdálenost 1)		
1) Jestliže nemůže být tato vodorovná vzdálenost dodržena, musí být dodržena nejkratší prostorová vzdálenost od povrchu komunikace.												

Křížení vedení s dálnicemi a rychlostními komunikacemi se doporučuje navrhovat mimo prostory mimoúrovňových křižovatek.

Vodorovná vzdálenost nejbližší části podpěrného bodu od níže uvedené části dálnice nebo rychlostní komunikace v úrovni terénu uvažované části komunikace musí být alespoň:

9,0 m od vnitřní strany nezpevněné krajnice;

7,5 m od vnitřní strany příkopu;

2,5 m od paty náspu nebo vnější strany příkopu.

V silničním ochranném pásmu na vnitřní straně oblouku silnice a místní komunikace I. nebo II. třídy o poloměru do 500 m včetně a v rozhledových trojúhelnících úrovnových křižovatek těchto komunikací se nesmí zřizovat objekty, které by rušily rozhled, potřebný k zajištění bezpečnosti silničního provozu.

Zamýšlené umístění podpěrného bodu vedení v silničním ochranném pásmu se doporučuje předem projednat s příslušným úřadem, pověřeným vykonávat působnost silničního správního úřadu.

### 5.9.6 Nejkratší vzdálenosti od drah

#### 5.9.6.1 Nejkratší vzdálenosti od kolejí železnic

Podmínky styku s dráhami upravuje zákon o dráhách č. 266/1994 Sb.

V ochranném pásmu dráhy lze zřizovat a provozovat stavby jen se souhlasem drážního správního úřadu.

Každá část podpěrného bodu musí být vzdálena od svislé roviny, procházející osou nejbližší traťové koleje, u drah bez trakčního vedení nejméně 4 m a to do výšky alespoň podle 1. sloupce tabulky 5.13, u elektrifikovaných drah a drah, kde se elektrifikace plánuje, nejméně 9 m a to do výšky alespoň podle 3. sloupce tabulky 5.13. Základy podpěrných bodů musí být vždy za příkopem nebo jiným odvodněním trati.

V kotevním úseku vedení, ve kterém vedení křížuje celostátní nebo regionální železniční dráhu, smí být mezi dvěma výztužnými podpěrnými body nebo mezi výztužným podpěrným bodem a konstrukcí rozvodny nejvýše tři jiné vložené podpěrné body, na kterých nesmí být úhel lomu trasy větší než 10°.

S vlastníkem dráhy musí být projednány podmínky pro stavbu křížení venkovního vedení a umístění podpěr. Je zakázáno:

- Zřizovat křižování elektrického nadzemního vedení přes železniční trať v místech úrovňového křížení železničního přejezdu. Vodorovná vzdálenost nejbližšího vodiče od výstražníku přejezdu za bezvětrí musí být větší než 5 m a umístění podpěrného bodu vedení nesmí omezovat viditelnost výstražníku na přejezdu ze související silniční komunikace;
- Používání kolejnice nebo jiného drážního zařízení jako uzemnění.

**Tabulka 5.13 - Nejkratší vzdálenosti od kolejí železnic**

	Případy vzdálenosti: Vedení křižující železnice nebo v jejich blízkosti (m)											
	Od hlavy kolejnice u tratí bez trakčního vedení			Vodorovně mezi nejbližší částí vedení a krajní kolejnicí u tratí bez trakčního vedení <sup>a)</sup>			Od hlavy kolejnice u tratí, kde se předpokládá výstavba trakčního vedení			Vodorovně mezi nejbližší částí vedení a krajní kolejnicí u tratí, kde se předpokládá výstavba trakčního vedení <sup>a)</sup>		
Napětí $U_n$ (kV)	110	220	400	110	220	400	110	220	400	110	220	400
Zatěžovací stav												
Nejvyšší návrhová teplota vodiče	7	8	9	5	6	7	13	14	15	13	14	15
Extrémní zatížení námrazou	7	8	9	5	6	7	13	14	15	13	14	15
Jmenovité zatížení větrem	7	8	9	5	6	7	13	14	15	13	14	15
Nerovnoměrné zatížení námrazou	7	8	9	5	6	7	13	14	15	13	14	15
POZNÁMKA	<sup>a)</sup> Jestliže nemůže být vodorovná vzdálenost dodržena, musí být dodržena nejkratší prostorová vzdálenost platná pro křížení železnice, uvedená v předchozím sloupci.											

Pro zatěžovací stav Kombinované zatížení větrem a námrazou platí stejné nejkratší vzdálenosti jako pro zatěžovací stav Jmenovité zatížení větrem.

#### 5.9.6.2 Vzdálenosti od trakčních vedení železnic, tramvajových a trolejbusových drah

Křížení elektrických vedení s trakčním vedením a vzdálenosti k prvkům trakčního elektrického vedení upravuje ČSN 34 1530.

Všechny části podpěrných bodů venkovního vedení, křižujícího železniční dráhu, musí být vzdáleny od svislé roviny, procházející osou příslušné krajní koleje, minimálně 9 m.

**Tabulka 5.14 - Nejkratší vzdálenosti od trakčních vedení železnic, tramvajových a trolejbusových drah**

Případy vzdálenosti: Vedení křížující trakční vedení nebo v jeho blízkosti (m)									
	K součástem trakčního vedení železničních, trolejbusových a tramvajových drah						Vodorovně k součástem trakčního vedení železničních, tramvajových a trolejbusových drah <sup>a)</sup>		
	Živé části			Neživé části					
Napětí $U_n$ (kV) Zatěžovací stav	110	220	400	110	220	400	110	220	400
Nejvyšší teplota vodiče	3	4	5	2,5	3	4	1,5	2,5	3,5
Extrémní zatížení námrazou	3	4	5	2,5	3	4	1,5	2,5	3,5
Jmenovité zatížení větrem	3	4	5	2,5	3	4	1,5	2,5	3,5
Kombinované zatížení větrem a námrazou	3	4	5	2,5	3	4	1,5	2,5	3,5
Nerovnoměrné zatížení námrazou	3	4	5	2,5	3	4	1,5	2,5	3,5

POZNÁMKA <sup>a)</sup> : Jestliže nemůže být vodorovná vzdálenost dodržena, musí být dodržena nejkratší prostorová vzdálenost, platná pro křížení železničního zařízení.

## 5.9.6.3 Nejkratší vzdálenosti od lanových drah

Tabulka 5.15 - Nejkratší vzdálenosti od lanových drah

Případy vzdálenosti: Vedení křížující nebo v blízkosti lanových drah (m)									
Napětí $U_n$ (kV)	K tažnému lanu lanové dráhy			Ke stožárům nebo nosným a tažným lanům lanových drah			K zařízení lanových drah v případě jejich podchodu		
	110	220	400	110	220	400	110	220	400
Zatěžovací stav									
Nejvyšší návrhová teplota vodiče	3	4	5	5	6	7	3	4	5
Extrémní zatížení námrazou	3	4	5	5	6	7	3	4	5
Jmenovité zatížení větrem	3	4	5	5	6	7	3	4	5
Kombinované zatížení větrem a námrazou	3	4	5	5	6	7	3	4	5
Zvláštní zatěžovací stav 1	3	4	5	-	-	-	-	-	-
Zvláštní zatěžovací stav 2	3	4	5	-	-	-	-	-	-
Zvláštní zatěžovací stav 3	-	-	-	-	-	-	3	4	5
Zvláštní zatěžovací stav 4	-	-	-	5	6	7	-	-	-
Poznámka				Vodorovná vzdálenost <sup>a)</sup>					
Zvláštní zatěžovací stav 1 je vychylování křížujících vodičů vlivem proměnlivého zatížení větrem podle 5.6.3.4 při současném zatížení kříženého lana, vedoucího k jeho minimálnímu průhybu.									
Zvláštní zatěžovací stav 2 je vychylování křížujících vodičů vlivem proměnlivého větru za teplot podle 5.6.3.4 při maximálním tahu tažného lana, zvýšenému o 25 %. K vyhodnocení nejkratších vodorovných vzdáleností se uvažují následující případy zatížení: - vychylení vodiče vlivem větru ve směru k pevným součástem zařízení lanovky - vychylení lan zařízení lanovek v maximálním úhlu vychylení 45° k částem venkovního vedení									
Zvláštní zatěžovací stav 3 je minimální průhyb podcházejícího vodiče a maximální průhyb tažného lana. Navíc se musí také počítat s výškou kabiny.									
Zvláštní zatěžovací stav 4: Předpokládá se, že tažná a nosná lana zařízení lanovky se vychýlí pod úhlem 45° k venkovnímu vedení.									
<sup>a)</sup> Jestliže nemůže být tato vodorovná vzdálenost dodržena, musí být dodržena stejně velká prostorová vzdálenost.									

Vzdálenosti od stabilních lyžařských vleků jsou stejné jako pro lanové dráhy.

## 5.9.7 Nejkratší vzdálenosti od křížovaných vodních cest a ostatních vodních ploch a toků

Nejmenší výšky vodičů nad nejvyšší plavební hladinou dopravně významných vodních cest jsou uvedeny v následující tabulce 5.16.

**Tabulka 5.16 – Nejmenší výška vodičů nad dopravně významnými vodními cestami (m)**

Napětí $U_n$ (kV) Zatěžovací stav	Pro plavidla o nosnosti do 300 t			Pro ostatní plavidla		
	110	220	400	110	220	400
Nejvyšší teplota vodiče	12	13,1	14,9	19	20,1	21,9
Zatížení námrazou	12	13,1	14,9	19	20,1	21,9
Zatížení větrem	12	13,1	14,9	19	20,1	21,9
Kombinované zatížení větrem a námrazou	12	13,1	14,9	19	20,1	21,9
Nejvyšší plavební hladinu na dopravně významných vodních cestách stanoví Státní plavební správa.						

POZNÁMKA Sledované vodní cesty se člení podle zákona č. 114/1995 Sb. o vnitrozemské plavbě na vodní cesty dopravně významné a vodní cesty účelové, jejichž seznam je v tomto zákoně uveden.

Nejmenší výšky vodičů nad nejvyšší plavební hladinou, uvedené v tabulce, 5.16, jsou stanoveny vyhláškou ministerstva dopravy č. 222/1995 Sb. o vodních cestách, ve které je zároveň uvedena klasifikace vodních cest do tříd a zařazení dopravně významných využívaných vodních cest do jednotlivých tříd.

Elektrická vedení nesmí být vedena přes objekt zdymadla (plavební komora s rejdy a jezem) a v jeho blízkosti.

Zatěžovací stav Nerovnoměrné zatížení námrazou se na vzdálenost od vodních cest nevztahuje.

**Tabulka 5.17 – Nejmenší výška vodičů nad účelovými vodními cestami a ostatními vodními toky a plochami (m)**

Napětí $U_n$ (kV) Zatěžovací stav	Nejmenší výška vodičů nad vodní hladinou					
	Normální vodní stav			Nejvyšší vodní stav		
	110	220	400	110	220	400
Nejvyšší teplota vodiče	6	7	8	5	6	7
Zatížení námrazou	6	7	8	5	6	7
Zatížení větrem	6	7	8	5	6	7
Kombinované zatížení větrem a námrazou	6	7	8	5	6	7
Za normální vodní stav se považuje výška hladiny při 180 denním průtoku ve vodním toku nebo při návrhovém průtoku v umělém vodním toku.						
Za nejvyšší vodní stav se považuje výška hladiny při padesátiletém průtoku ve vodním toku.						
POZNÁMKA Hydrologické údaje sdělují územně příslušná pracoviště Českého hydrometeorologického ústavu.						

### 5.9.8 Nejkratší vzdálenosti od ostatních venkovních elektrických vedení a od venkovních telekomunikačních vedení

**Tabulka 5.18 – Nejkratší vzdálenosti od ostatních venkovních elektrických vedení se jmenovitým napětím nad 1 kV**

	Křížení a souběhy elektrických vedení nad 1 kV					
	Nejkratší vzdálenost mezi vodiči obou vedení			Nejkratší vzdálenost mezi vodičem jednoho vedení a podpěrným bodem druhého vedení		
Napětí $U_n$ (kV)	110	220	400	110	220	400
Zatěžovací stav						
Zatěžovací stav 1	1,8	2,8	4,3	3	4	5
Zatěžovací stav 2	1,8	2,8	4,3	-	-	-
Zatěžovací stav 3	1,8	2,8	4,3	3	4	5
Zatěžovací stav 4	1,2	2,2	3,7	2	3	4
Zatěžovací stav 5	1,8	2,8	4,3	3	4	5
Zatěžovací stav 6	1,8	2,8	4,3	3	4	5
Zatěžovací stav 7	1,8	2,8	4,3	3	4	5
Zatěžovací stav 8	1,8	2,8	4,3	3	4	5
Poznámka	Při křížení se uvažuje vždy vzdálenost pro vedení s vyšším napětím					

#### Zatěžovací stavy

- 1 horní vedení Nejvyšší návrhová teplota fázových vodičů, spodní vedení +40 °C, bezvětří;  
je-li horní vedení stávající, musí být jeho nejvyšší návrhová teplota určena v PS (5.6.2.1)
- 2 obě vedení Nejnižší teplota vodičů (5.6.2.2)
- 3 horní vedení Extrémní rovnoměrné zatížení námrazou (5.6.4.1),  
spodní vedení teplota vodiče -5 °C, vodiče bez námrazku
- 4 Nerovnoměrné zatížení námrazou (5.6.4.2);  
pro vzdálenosti mezi vodiči obou vedení případy A a B, pro vzdálenosti mezi vodičem a podpěrným bodem případ A;
- 5 kontrolují se vzdálenosti při vychýlení vodičů jednoho vedení větrem o rychlosti od 0 do jmenovité rychlosti podle 5.6.3.2 od podpěrných bodů druhého vedení;
- 6 obě vedení Zatížení nestejným větrem (5.6.3.4);
- 7 Kombinované zatížení větrem a námrazou podle (5.6.5);  
kontroluje se v případě, kdy průhyb vodiče při námraze je větší než jeho průhyb při teplotě +40 °C;
- 8 Kombinované zatížení námrazou a nestejným větrem za podmínek podle (5.6.6).

**Tabulka 5.19 – Minimální nejkratší vzdálenosti od venkovních telekomunikačních vedení a venkovních vedení se jmenovitým napětím do 1 kV**

	Křížení a souběh s telekomunikačním vedením a se silovým vedením do 1 kV					
	Nejkratší vzdálenost mezi vodičem vedení a vodičem spodního vedení			Nejkratší vzdálenost mezi vodičem vedení a podpěrným bodem spodního vedení		
Napětí $U_n$ (kV)	110	220	400	110	220	400
Zatěžovací stav						
Zatěžovací stav 1	3	4	5	4	5	6
Zatěžovací stav 3	3	4	5	4	5	6
Zatěžovací stav 4	2	3	4	2	3	4
Zatěžovací stav 5	3	4	5	4	5	6
Zatěžovací stav 7	3	4	5	4	5	6

#### Zatěžovací stavy

- 1 horní vedení Nejvyšší návrhová teplota fázových vodičů (5.6.2.1);
- 3 horní vedení Extrémní rovnoměrné zatížení námrazou (5.6.4.1);
- 4 Nerovnoměrné zatížení námrazou – případ A (5.6.4.2);
- 5 kontrolují se vzdálenosti při vychýlení vodičů větrem o rychlosti od 0 do jmenovité rychlosti podle (5.6.3.2);
- 7 Kombinované zatížení větrem a námrazou podle (5.6.5); kontroluje se v případě, kdy průhyb vodiče při námraze je větší než jeho průhyb při teplotě +40 °C;

#### 5.9.9 Rekreační plochy a parky

**Tabulka 5.20 – Nejkratší vzdálenosti od rekreačních ploch a parků**

	Vedení nad (m)														
	Rekreačními a sportovními areály obecně			Nejvyšší hladinou plaveckých bazénů			Dohodnutou výškou pro plovoucí prostředky (plachetnice)			Trvale instalovaným zařízením, jako jsou zařízení na startu a v cíli, zařízení kempinků, konstrukce, které mohou být vztyčeny nebo na které se dá vyšplhat			Nejkratší vodorovná vzdálenost ke všem rekreačním zařízením		
Napětí $U_n$ (kV)	110	220	400	110	220	400	110	220	400	110	220	400	110	220	400
Nejvyšší návrhová teplota vodiče	8	9	10	9	10	11	2	3	4	4	5	6	4	5	6
Extrémní zatížení námrazou	8	9	10	9	10	11	2	3	4	4	5	6	4	5	6
Jmenovité zatížení větrem	8	9	10	9	10	11	2	3	4	4	5	6	4	5	6
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poznámky	V případě sportů s házením náčiní nebo střelbou se musí zamezit přiblížení k vodiči na vzdálenost menší než $2\text{ m} + D_{el}$			U skokanských můstků je třeba zabránit přiblížení kohokolí na vzdálenost menší než $D_{el}$			Uvažuje se maximální úroveň výšky vodní hladiny nebo nejvyšší transportní pozice na pobřežních zařízeních						Není-li tato vzdálenost dodržena, musí být dodrženy nejkratší vzdálenosti, jako pro vedení nad plochami		

#### 5.9.10 Nejkratší vzdálenosti od ostatních ploch a objektů

##### 5.9.10.1 Potrubí

Následující ustanovení platí pro nově zřizovaná venkovní vedení přicházející do styku se stávajícími venkovními potrubími.



S ohledem na zmenšení nežádoucího ovlivnění má být trasa venkovního silového vedení volena pokud možno v největší vzdálenosti od kovového, zvláště izolovaného potrubí. Křížovatky je potřeba řešit tak, aby osa vedení svírala s osou potrubí co největší úhel. Podpěrné body mají být umístěny pokud možno v největší vzdálenosti od potrubí a jejich uzemňovací soustavy musí být uloženy na odvrácenou stranu od potrubí.

### Potrubí podzemní

**Tabulka 5.21 – Nejblíže částí podpěrných bodů silového vedení včetně uzemňovacích soustav od osy kovového potrubí**

	Nejbližší částí podpěrného bodu včetně uzemňovací soustavy od osy kovového potrubí (m)		
Napětí $U_n$ (kV)	110	220	400
Vzdálenost	10	15	15

Při souběhu a křížování vedení s podzemním potrubím z nekovového materiálu se určí vzdálenost podpěrných bodů od potrubí případ od případu tak, aby se potrubí stavbou podpěrného bodu neporušilo.

Pro nebezpečné vlivy na ocelová potrubí izolovaně uložená v zemi platí ČSN 33 2165.

### Potrubí nadzemní

V křížovatce vedení s nadzemním potrubím je nutné dodržet od potrubí a jeho nosné konstrukce alespoň vzdálenosti, uvedené v tabulce 5.22.

**Tabulka 5.22 – Nejkratší vzdálenosti od nadzemních potrubí**

	Nejkratší vzdálenosti vodičů					
	Od schůdných částí potrubí			Od neschůdných částí potrubí		
Napětí $U_n$ (kV)	110	220	400	110	220	400
Zatěžovací stav	110	220	400	110	220	400
Nejvyšší návrhová teplota vodiče	5	6	7	3	4	5
Extrémní zatížení námrazou	5	6	7	3	4	5
Jmenovité zatížení větrem	5	6	7	3	4	5

Neizolovaná nadzemní kovová potrubí musí být před a za místem křížení uzemněna dle ČSN EN 62305-3 a ČSN EN 50522.

Pro souběh nadzemního neizolovaného potrubí platí stejné vzdálenosti jako v křížovatce.

Podchod venkovního vedení pod nadzemním potrubím se nepřipouští.

### Ochranná a bezpečnostní pásma

V bezprostřední blízkosti tras potrubí se zvláštními právními předpisy, případně normami zřizují ochranná, případně též bezpečnostní pásma, která obecně slouží k zajištění jejich bezpečného a spolehlivého provozu, k ochraně života, zdraví, bezpečnosti a majetku osob a k zamezení nebo zmírnění účinku případných havárií. V ochranných a bezpečnostních pásmech je regulováno umístování staveb a jsou regulovány činnosti (např. stavební činnosti, zemní práce, zřizování skládek, provádění terénních úprav apod.), které by mohly ohrozit bezpečný a plynulý provoz těchto zařízení. Šířky ochranných a bezpečnostních pásem a rozsah omezení činností pro jednotlivé druhy zařízení jsou uvedeny v těchto předpisech (ve znění pozdějších předpisů):

- pro plynovody a plynovodní přípojky: §68 zákona č. 458/2000 Sb. (energetický zákon);
- pro teplovody: §87 zákona č. 458/2000 Sb. (energetický zákon);
- pro ropovody a produktovody pro dopravu ropných produktů: §3 zákona č. 189/1999 Sb. (zákon o nouzových zásobách ropy)
- pro vodovodní řady a kanalizační stoky: §23 zákona č. 272/2001 Sb. (zákon o vodovodech a kanalizacích);

- pro dálkovody hořlavých zkapalněných uhlovodíkových plynů: ČSN 650208 (Dálkovody hořlavých zkapalněných uhlovodíkových plynů).

Ochranná pásma, vzniklá podle předchozích předpisů, se nemění a omezení činností podle předchozích předpisů zůstávají nedotčena.

### 5.9.10.2 Vodivé stabilní ploty, vinice s drátěnou nosnou konstrukcí, chmelnice

Vodivé součásti plotů, drátěné nosné konstrukce vinic a konstrukce chmelnic musí být v blízkosti vedení 220 kV a 400 kV vodivě propojeny a uzemněny s odporem uzemnění nejvýše 500  $\Omega$ .

Vzdálenosti živých částí vedení od konstrukce chmelnice nesmí být menší, než nejkratší vzdálenosti od konstrukcí, na kterých nelze stát, uvedené v tabulce 5.11. Tyto nejkratší vzdálenosti musí být dodrženy i při pádu konstrukce chmelnice směrem k vodičům vedení.

### 5.9.10.3 Hřbitovy

Křížení vedení se hřbitovy je povoleno pouze v nevyhnutelných případech a co nejmenším rozsahu.

Nejkratší vzdálenosti jsou shodné se vzdálenostmi od země. V prostoru hřbitova se nesmí umísťovat podpěrné body.

## 5.10 Účinek koróny

### 5.10.1 Rádiové rušení

#### 5.10.1.1 Obecně

Rádiové rušení, působené venkovními vedeními vysokého napětí, může být generováno v širokém pásmu kmitočtů:

- korónovými výboji ve vzduchu na povrchu vodičů a armatur;
- výboji a jiskřením na izolátorech v místech vysoce elektricky namáhaných;
- jiskřením v uvolněných nebo nedokonalých spojích.

Pro předpověď rádiového rušení se používají dvě metody: porovnávací a analytická.

POZNÁMKA Tyto metody jsou popsány a porovnány v ČSN CISPR 18-3 a v technické brožuře CIGRE č. 20:1974 "Rušení působené korónou v elektrických sítích (Interferences produced by corona effect of electrical systems)".

#### 5.10.1.2 Konstrukční vlivy

Nejdůležitější vliv na hladiny rádiového rušení, generované korónou na vysokonapěťových vedeních, má elektrické pole těsně kolem vodičů. Toto pole závisí na napětí, počtu vodičů ve fázovém svazku, rozměru vodičů, vzdálenostech mezi fázemi a v menší míře na uspořádání vedení, sledu fází, výšce vedení a na vzdálenostech vedení od ostatních vedení nebo drátů. Hladiny rádiového rušení jsou také ovlivněny místní vodivostí půdy a relativní hladkostí povrchu vodiče a armatur.

Obecně se korónou generované úrovně rádiového rušení stávají významným návrhovým hlediskem pouze u vedení s provozním napětím 230 kV a vyšším. Pro tato vysoká napětí předpokládají předpovědní metody pro určení úrovně rádiového rušení, že armatury na vedení jsou navrženy nebo stíněny tak, že na pozorovanou hladinu rušení bude mít vliv pouze koróna na vodičích a že vodiče jsou instalovány takovým způsobem, aby nebyl poškozen jejich povrch. V několika prvních měsících provozu pod napětím, kdy ještě není povrch vodičů upraven atmosférickými vlivy, mohou být hladiny rušení o několik decibelů nad konečným očekáváním.

Praktický návrh venkovních vedení a připojeného zařízení, umožňující udržet různé typy rádiového rušení v přijatelných mezích, je popsán v ČSN CISPR 18-3.

#### 5.10.1.3 Meze rušení

Stupeň nepříznivého vlivu rádiového rušení na přijímaný signál je definován tak zvaným "poměrem signálu k rušení" na přijímacím zařízení. Při stanovení mezí pro emisi rádiového rušení musí být určeny intenzity rádiového a televizního signálu, které mají být chráněny.

Přípustné meze vysokofrekvenčního šumu jsou uvedeny v národní příloze NA ČSN EN 61936-1.

## 5.10.2 Akustický hluk

### 5.10.2.1 Obecně

Koróna na vedení vysokého napětí může za určitých okolností působit slyšitelný hluk. Tento hluk vzniká spíše při špatném počasí a při mlze. Za pěkného počasí hluk vzniká převážně tehdy, jsou-li vedení vystavena zvláštním druhům znečištění.

Hlavním zdrojem slyšitelného hluku za špatného počasí jsou vodní kapky. V závislosti na tom, zda dešťové kapky dopadají na vedení, visí na mokřem vedení nebo stékají, může voda způsobit různé typy výbojů. Jinovatka na vedení může rovněž způsobit zvýšení hluku.

Existují dvě metody – porovnávací a analytická, které umožňují předpovědět A-vážené hladiny slyšitelného hluku navrhovaných vysokonapěťových vedení.

Současně používané metody jsou popsány a porovnány ve zprávě subkomise IEEE (1982) "Porovnání metod pro výpočet slyšitelného hluku od přenosových vedení vysokého napětí" (*A comparison of methods for calculating audible noise of high voltage transmission lines*) a v a v technické brožuře CIGRE č. 20:1974 „Rušení působené korónou v elektrických sítích (*Interferences produced by corona effect of electrical systems (1974)*)“.

### 5.10.2.2 Konstrukční vlivy

Nejdůležitější vliv na úroveň akustického hluku, který vysokonapěťová vedení produkují, má elektrické pole těsně kolem vodičů (povrchový elektrický gradient). Toto pole závisí na napětí, počtu vodičů ve fázovém svazku, rozměru vodičů, vzdálenostech mezi fázemi a v menší míře na uspořádání vedení, sledu fází, výšce vedení a na vzdálenostech vedení od ostatních vedení nebo drátů. Úrovně slyšitelného hluku jsou také ovlivněny relativní hladkostí povrchu vodiče a armatur a znečištěním, způsobeným hydrofobními materiály.

Obecně se úrovně slyšitelného hluku stávají významným návrhovým hlediskem pouze u vedení s provozním napětím 400 kV a vyšším. Pro tato vysoká napětí předpokládají předpovědní metody, že armatury na vedení jsou navrženy nebo stíněny tak, že na pozorovanou hladinu hluku má vliv pouze koróna na vodičích a že vodiče jsou instalovány takovým způsobem, aby nebyl poškozen jejich povrch. Stejně jako u rádiového rušení mohou být hladiny slyšitelného hluku o něco nad konečným očekáváním v průběhu počátečního období, kdy jsou vodiče ohlazovány vlivem počasí.

### 5.10.2.3 Meze hluku

Nejvyšší přípustné hladiny slyšitelného hluku se přednostně stanovují jako vážené hladiny hluku v dB nad hladinou hluku pozadí v předepsané vzdálenosti od vedení.

Nejvyšší přípustné hladiny slyšitelného hluku v chráněných vnitřních prostorech staveb a v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru jsou stanoveny v nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

## 5.10.3 Ztráty korónou

Ztráta korónou je ztráta výkonu, způsobená korónovou emisí. Na venkovních elektrických vedeních se ztráty korónou vyjadřují ve wattech na metr (W/m) nebo kilowattech na kilometr (kW/km).

Ztráty, způsobené korónou jsou za pěkného počasí obvykle nižší než několik kilowattů/kilometr, avšak mohou činit až desítky kilowattů/kilometr za silného deště a až do jednoho sta kilowattů/kilometr při jinovatce.

Velikost ztrát korónou za pěkného počasí je zanedbatelná ve srovnání se ztrátami za špatného počasí (nejvyššími ztrátami korónou). Ztráty za pěkného počasí však nastávají během velké procenta doby a ovlivňují hodnotu celkové energie, spotřebované vedením (průměrné roční ztráty korónou). V některých zemích mohou být ztráty korónou vyšší v zimě.

Nejvyšší přípustné ztráty korónou, vyjádřené jako ztráty korónou za pěkného a za špatného počasí v kW/km/rok, mohou být stanoveny v PS.

## 5.11 Elektrická a magnetická pole

### 5.11.1 Elektrická a magnetická pole pod vedením

Návrh přenosových vedení může být ve velké míře ovlivněn nutností snížit elektrické a magnetické pole, vytvářené vodiči pod napětím.

Základní parametry a metody hodnocení elektrického a magnetického pole síťového kmitočtu jsou následující:

Elektrická pole mohou být stanovena pomocí různých analytických a numerických metod nebo na modelech ve zmenšeném měřítku. Výběr nejvhodnější metody závisí na složitosti řešeného problému a na požadovaném stupni přesnosti.

Metoda ekvivalentních nábojů je použitelná pro výpočty elektrických polí pod vedením v blízkosti země.

Platnost výše uvedené dvourozměrné prognózy musí být správně vyhodnocena při existenci trojrozměrných vlivů (tj. průhybu vodičů, blízkosti stožárů, nerovného terénu, změn směru trasy vedení). Je-li to nutné, mohou se použít korekční faktory nebo se může provést výpočet plně rozměrový.

Výpočty magnetického pole mohou vyžadovat různé metody v závislosti na řešeném problému, na vlastnostech materiálů v okolí vodičů a na požadovaném stupni přesnosti. Pro mnoho případů je však postačující použití základního Ampérova zákona, který vyjadřuje intenzitu magnetického pole, způsobenou proudem protékajícím každým vodičem.

Nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření stanoví nařízení vlády č. 1/2008 Sb. (v platném znění). Pásmo vlivů zařízení elektrizační soustavy stanoví norma ČSN 33 2040.

## **5.11.2 Elektrická a magnetická indukce**

### **5.11.2.1 Obecně**

Elektromagnetické pole v blízkosti venkovního vedení může indukovat proudy a napětí do sousedních vodivých předmětů.

Vliv indukce musí být uvažován v případě dlouhých kovových konstrukcí (například komunikačních instalací, plotů, vedení nebo potrubí) nebo objemných předmětů (například vodivých střeš, nádrží nebo rozměrných dopravních prostředků) v blízkosti vedení.

Ochranná opatření se pohybují od optimalizace zdrojů vhodným uspořádáním systémů po odpovídající stínění (stínění jsou velmi účinná proti elektrickým polím, zatímco je obecně zjištěno, že není žádný odpovídající praktický způsob stínění ve velkém měřítku proti magnetickému poli).

Rozvodné energetické společnosti musí být schopny přijmout jakákoliv opatření k zabránění nebo odstranění potenciálně nebezpečných nebo prostě nepříjemných indukčních vlivů. Podmínky musí být stanoveny v PS.

### **5.11.2.2 Vlivy na ocelová potrubí**

Pro nebezpečné vlivy na ocelová potrubí izolovaně uložená v zemi platí ČSN 33 2165 a ČSN EN 15280.

### **5.11.2.3 Vlivy na zabezpečovací vedení a zařízení drah**

Ochrana zabezpečovacích vedení a zařízení celostátních a regionálních drah před ohrožujícími vlivy elektrických vedení je upravena vzájemnou dohodou bývalého Federálního ministerstva dopravy č.j. 621/1981-SM ze dne 7. srpna 1981 a bývalého Federálního ministerstva paliv a energetiky č.j. 994/11 ze dne 25. srpna 1981.

### **5.11.2.4 Uzemnění objektů v blízkosti vedení**

Většina vlivů se vztahuje k indukci napětí do kovových konstrukcí nebo objektů, které nejsou dobře elektricky spojeny se zemí. V těchto případech musí být každá vodivá část připojena k zemi.

Dlouhé kovové konstrukce, které jsou elektricky spojeny se zemí v jednom nebo málo místech a které vedou rovnoběžně s elektrickým silovým vedením, musí být uzemněny v odpovídajících vzdálenostech nebo musí být přerušeny izolačním dílem, aby se zmenšily rozměry smyček.

Konstrukce vleků a dopravních zařízení a neizolovaná nadzemní kovová potrubí musí být před a za místem křížení uzemněny podle ČSN EN 62305-3 a ČSN EN 50522.

Vodivé ploty, drátěné konstrukce vinic a chmelnic pod nebo v blízkosti vedení 220 a 400 kV musí být uzemněny s odporem uzemnění nejvýše 500  $\Omega$ . Vodivé konstrukce křížované vedením 220 a 400 kV musí být uzemněny podle ČSN EN 62305-3.

## **5.11.3 Působení na telekomunikační obvody**

Telekomunikační obvody mohou být postiženy působením silových vedení.

Pro ochranu telekomunikačních obvodů před nebezpečnými vlivy silových vedení platí ČSN 33 2160.

Pozornost musí být také věnována možnosti indukovaných napětí, která mohou být nebezpečná pro osoby.

## 6 Uzemňovací soustavy

### 6.1 Úvod

#### 6.1.1 Účel

Účelem této kapitoly 6 a příloh G a H je poskytnout kritéria pro návrh, stavbu a zkoušení uzemňovacích soustav.

V závislosti na návrhu vedení, typu podpěrných bodů a místních podmínkách mohou uzemňovací soustavy hrát velmi důležitou úlohu.

Podpěrné body z vodivého materiálu jsou z principu uzemněny svými částmi v zemi (patkami), ale mohou být vyžadována dodatečná opatření pro uzemnění. Pro podpěrné body uvnitř nebo v blízkosti elektrických stanic se pro navrhování uzemňovacích soustav mohou použít odkazy na EN 50522.

POZNÁMKA ČSN EN 50522 se netýká venkovních vedení mezi samostatnými instalacemi (například elektrickými stanicemi).

Podpěrné body z nevodivého materiálu není třeba zemnit.

Uzemňovací soustavy se musí navrhovat tak, aby se zajistila bezpečnost osob dodržím dovolených hodnot krokových a dotykových napětí vyplývajících z poruchových proudů. Uzemňovací soustava je tvořena zemniči včetně nebo bez uzemňovacích přívodů nebo vodičů pospojování.

Kapitola 6 obsahuje tři požadavky pro návrh těchto uzemňovacích soustav, uvedené v 6.1.2.

Příloha G uvádí příslušné výpočetní postupy pro návrh uzemňovacích soustav.

Příloha H soustřeďuje návody pro provádění uzemňovacích soustav (H.3) a zkoušení měřením odporu a impedance k zemi (H.4).

V případě silových vedení se zemnicími lany po celé délce vedení musí být stanovena zemní impedance včetně vlivu zemnicích lan a sousedních podpěrných bodů (H.4.4).

#### 6.1.2 Požadavky na dimenzování uzemňovacích soustav

Návrh uzemňovacích soustav musí splnit tři následující podmínky:

- a) zajistit mechanickou pevnost a odolnost proti korozi stanovením minimálních rozměrů (viz 6.2 a příloha G.2);
- b) zajistit odolnost z hlediska oteplení vůči nejvyššímu poruchovému proudu získaného výpočtem (viz 6.3 a příloha G.3);
- c) zajistit bezpečnost osob s ohledem na kroková a dotyková napětí, která se vyskytují při zemních poruchách (viz 6.4 a příloha G.4).

Kromě toho musí být zabráněno škodám na majetku a zařízení.

Parametry rozhodující při dimenzování uzemnění tudíž jsou:

- velikost a doba trvání poruchového proudu (viz 6.3.2)  
POZNÁMKA PS musí zahrnovat následující podklady pro dimenzování uzemňovacích soustav a zemnicích lan:
  - hodnoty maximálního jednofázového zkratového proudu  $I'_{k1}$  v závislosti na místě zkratu pro celou délku vedení;
  - příspěvky zkratových proudů  $3I_0$  do místa zkratu z obou konců vedení v závislosti na místě zkratu pro celou délku vedení;
  - dobu trvání zkratu (v závislosti na místě zkratu).
- vlastnosti půdy (uvedeny v H.2.1)

Článek 6.5 uvádí návody, týkající se kontroly a dokumentace uzemňovacích soustav.

U venkovních vedení s dvěma nebo více různými napěťovými hladinami musí být tyto tři požadavky splněny pro každou napěťovou hladinu. Současné poruchy v různých napěťových soustavách není zapotřebí uvažovat.

#### 6.1.3 Uzemňování proti účinkům blesku

##### 6.1.3.1 Obecně

Hodnoty odporu pat podpěrných bodů mají vliv na intenzitu zpětného přeskočení vedení, a proto ovlivňují spolehlivost vedení (viz 5.4.5). Stanovení spolehlivosti vedení není hlavním předmětem této normy a může být záležitostí optimalizace v rámci konkrétního projektu, kdy maximální nebo referenční hodnoty odporů jsou stanoveny



Nemá-li u vedení se zemnicím lanem jednotlivý podpěrný bod hodnotu odporu uzemnění uvedenou výše a nelze-li tohoto odporu dosáhnout běžným způsobem, může být odpor uzemnění maximálně tří za sebou následujících podpěrných bodů až  $50 \Omega$  za předpokladu, že několik sousedních podpěrných bodů má hodnotu odporu uzemnění požadovanou výše v tomto článku.

Nelze-li běžným způsobem zajistit, aby hodnoty odporu uzemnění podpěrných bodů nepřekročily výše uvedené hodnoty, musí být další postup dohodnut mezi zhotovitelem a odběratelem.

U kombinovaných vedení je třeba počítat s vyšší četností zpětných přeskoků na systémech se jmenovitým napětím do 45 kV.

#### 6.1.4 Zavlečené potenciály

Potenciál může být zavlečen prostřednictvím kovového potrubí a plotů, kabelů nn apod. a je obtížné stanovit všeobecná pravidla zejména proto, že okolnosti se liší případ od případu. Návody pro jednotlivé případy mají být stanoveny rozvodnou společností. Návody udávají také doporučení IEC TC 64.

Pravidla pro telekomunikační soustavy v uzemňovacích soustavách vysokého napětí nebo v jejich blízkosti jsou mimo rámec této normy. Proti zavlékání potenciálu telekomunikačními soustavami je zapotřebí využívat mezinárodní dokumenty (např. ITU [CCITT] směrnice).

##### 6.1.4.1 Ochrana zařízení před nebezpečnými vlivy

Ochrana telekomunikačních kabelových vedení a zařízení před galvanickými vlivy elektrických venkovních vedení se provádí podle ČSN 33 2160:1993 + Změna Z2:1999. Další požadavky mohou být uvedeny v PS.

Ochrana ocelových izolovaných potrubí se provádí podle ČSN 33 2165:2014.

**POZNÁMKA** Tato norma platí pro projektování a stavbu ocelových izolovaných potrubí uložených v zemi v blízkosti venkovních trojfázových vedení a elektrických stanic vvn a zvn a pro projektování a stavbu venkovních trojfázových vedení a elektrických stanic vvn a zvn v blízkosti ocelových izolovaných potrubí uložených v zemi.

## 6.2 Dimenzování s ohledem na korozní odolnost a mechanickou pevnost

### 6.2.1 Zemniče

Zemniče, které jsou v přímém kontaktu se zemí, mají být z materiálu odolného proti korozi (chemickému nebo biologickému napadení, oxidaci, tvorbě elektrolytických článků, elektrolýze, atd.). Musí odolávat mechanickým vlivům při instalaci stejně jako těm, které se objeví při normálním provozu.

Mechanická pevnost a koroze určují minimální rozměry zemničů, uvedené v G.2.

Pokud je použit jiný materiál, např. nerez ocel, pak tento materiál a jeho rozměry mají vyhovovat požadavkům a) a b) v 6.1.2.

**POZNÁMKA** Je vhodné používat ocel vloženou do betonových základů a ocelové piloty nebo jiné přirozené zemniče jako součást uzemňovací soustavy.

Použití hliníku a jeho slitin pro zemniče pod úrovní země není dovoleno.

Z hlediska použitých materiálů se na zemniče používá přednostně žárově pozinkovaná ocel.

Maximální dovolený poloměr ohybu ocelové žárově pozinkované zemnicí pásky je 5násobek její tloušťky a u drátu 5násobek průměru drátu.

### 6.2.2 Uzemňovací přívody a vodiče pospojování

Minimální průřezy s ohledem na mechanickou a korozní odolnost jsou:

měď	16 mm <sup>2</sup> ;
hliník	35 mm <sup>2</sup> ;
ocel	50 mm <sup>2</sup> .

Složené vodiče mohou být také použity pro uzemnění za podmínky, že jejich odpor je ekvivalentní s uvedenými příklady. Uzemňovací přívody a vodiče pospojování z oceli vyžadují ochranu proti korozi. U hliníkových vodičů nutno uvažovat účinky koroze.

Použití holých vodičů z hliníku a jeho slitin pro uzemňovací přívody a vodiče pospojování pod úrovní země není dovoleno.

### 6.3 Dimenzování s ohledem na tepelnou odolnost

#### 6.3.1 Obecně

Při návrhu se má při dimenzování vodičů počítat s možností růstu poruchových proudů.

Poruchový proud se často v uzemňovací soustavě dále dělí, je tedy možné dimenzovat každý zemnič pouze na část poruchového proudu.

Konečná teplota užitá při návrhu v následujícím článku 6.3.2 musí být volena tak, aby se předešlo snížení pevnosti materiálu a zabránilo poškození okolních materiálů, např. betonu nebo izolace.

Tato norma neudává žádný přípustný růst teploty půdy obklopující elektrody zemniče, protože zkušenosti ukazují, že růst teploty není obvykle významný.

#### 6.3.2 Výpočet proudové zatížitelnosti

Výpočet průřezu uzemňovacích přívodů nebo zemničů v závislosti na velikosti a době trvání poruchového proudu je uveden v G.3.

U poruch s dobou trvání do 5 s se uvažuje s adiabatickým růstem teploty. Konečná teplota musí být zvolena s ohledem na materiál a okolní prostředí.

Minimální průřezy podle 6.2 však musí být dodrženy.

### 6.4 Dimenzování s ohledem na bezpečnost osob

#### 6.4.1 Dovolené hodnoty pro dotyková napětí

Příčinou ohrožení je proud procházející lidským tělem a ČSN IEC/TS 60479-1 poskytuje základní poučení o účincích proudu protékajícího lidským tělem v závislosti na jeho velikosti a době trvání. Pro praxi je výhodnější vycházet z dotykových napětí. Meze dotykových napětí proti zemi jsou udány v obrázku 6.1 a vychází z výpočtů, uvedených v G.4.1. Křivka  $U_{b1}$  představuje napětí, které se může při dotyku objevit na lidském těle mezi holou rukou a bosou nohou. Při výpočtu této křivky nebyly uvažovány žádné přídavné odpory.

Je však povoleno používat křivky  $U_{b2}$  až  $U_{b4}$ , založené na výpočtech podle G.4.2, které berou v úvahu přídavné odpory, např. obuvi a vysoce odporových povrchových materiálů.

Každá zemní porucha je odpojována automaticky. Neomezeně trvajících dotykových napětí jako následek zemních poruch tudíž nevznikají.

Pro kroková napětí tato norma dovolené hodnoty neuvádí.

**POZNÁMKA** Dovolené hodnoty krokových napětí jsou poněkud vyšší, než u dotykových napětí; proto pokud nějaká uzemňovací soustava splňuje požadavky na dotyková napětí, lze předpokládat, že se obecně nevyskytnou žádná nebezpečná kroková napětí.

Při stanovení trvání poruchy se uvažují vypínací časy ochran a vypínačů při jejich správné činnosti.

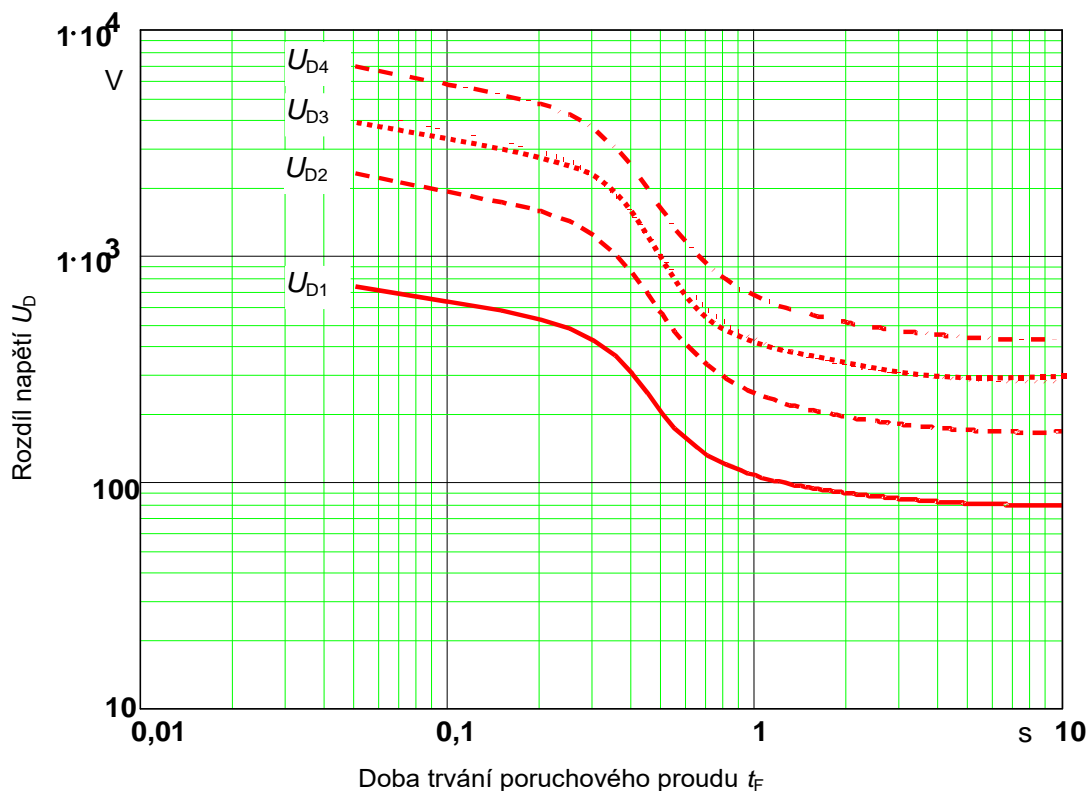
Metody výpočtu a hodnoty dotykového napětí se musí specifikovat v PS.

Jsou-li vypočtené hodnoty dotykových napětí vyšší než dovolené hodnoty a je nutné provést opatření k jejich snížení tak, aby dovolené hodnoty nebyly překročeny, doporučuje se provést také kontrolu krokových napětí.

#### 6.4.2 Meze dotykového napětí v různých lokalitách

Na obrázku 6.1 jsou uvedeny meze dotykového napětí  $U_{b1}$  (rozdílů napětí), které se mohou vyskytnout na těle člověka v různých typických lokalitách. Křivky  $U_{b2}$ ,  $U_{b3}$  a  $U_{b4}$  ukazují vliv postupně se zvyšujících doplňkových odporů.





**Obrázek 6.1 – Příklady mezi dotykového napětí (rozdílu napětí  $U_b$ ) jako funkce trvání poruchového proudu  $t_f$**

Rozdíl napětí  $U_b$ , který působí jako napěťový zdroj v obvodu, ve kterém se dotýká osoba neživých částí, s hodnotou zaručující bezpečnost osoby, používá-li známé doplňkové odpory  $R_a$  – viz G.4.2. Křivky v obrázku 6.1 jsou:

- Křivka  $U_{D1}$ :  $R_a = 0 \Omega$  (příklad 1);
- Křivka  $U_{D2}$ :  $R_a = 1\,750 \Omega$ ,  $R_{a1} = 1\,000 \Omega$ ,  $\rho_E = 500 \Omega\text{m}$  (příklad 2);
- Křivka  $U_{D3}$ :  $R_a = 4\,000 \Omega$ ,  $R_{a1} = 1\,000 \Omega$ ,  $\rho_E = 2\,000 \Omega\text{m}$  (příklad 3);
- Křivka  $U_{D4}$ :  $R_a = 7\,000 \Omega$ ,  $R_{a1} = 1\,000 \Omega$ ,  $\rho_E = 4\,000 \Omega\text{m}$  (příklad 4).

Popis typických míst, odpovídajících výše uvedeným příkladům 1 až 4 a křivek  $U_{D1}$  až  $U_{D4}$  v obrázku 6.1:

- Příklad 1 - Křivka  $U_{D1}$ .  
Místa jako jsou hřiště, plavecké bazény, kempy, rekreační areály a podobná místa, kde se mohou shromažďovat lidé s bosýma nohama. K odporu těla není uvažován žádný jiný přídavný odpor.
- Příklad 2 - Křivka  $U_{D2}$ .  
Místa, kde může být přiměřeně předpokládáno, že lidé jsou obuti, jako jsou chodníky, dlažba veřejných cest, parkoviště apod. Je uvažován přídavný odpor  $1\,750 \Omega$ .
- Příklad 3 - Křivka  $U_{D3}$ .  
Místa, kde může být přiměřeně předpokládáno, že lidé jsou obuti a rezistivita půdy je vysoká, např.  $2\,000 \Omega\text{m}$ . Pro tyto účely se bere přídavný odpor  $4\,000 \Omega$ .
- Příklad 4 - Křivka  $U_{D4}$ .  
Místa, kde může být přiměřeně předpokládáno, že lidé jsou obuti a rezistivita půdy je velmi vysoká, např.  $4\,000 \Omega\text{m}$ . Pro tyto účely se bere přídavný odpor  $7\,000 \Omega$ .

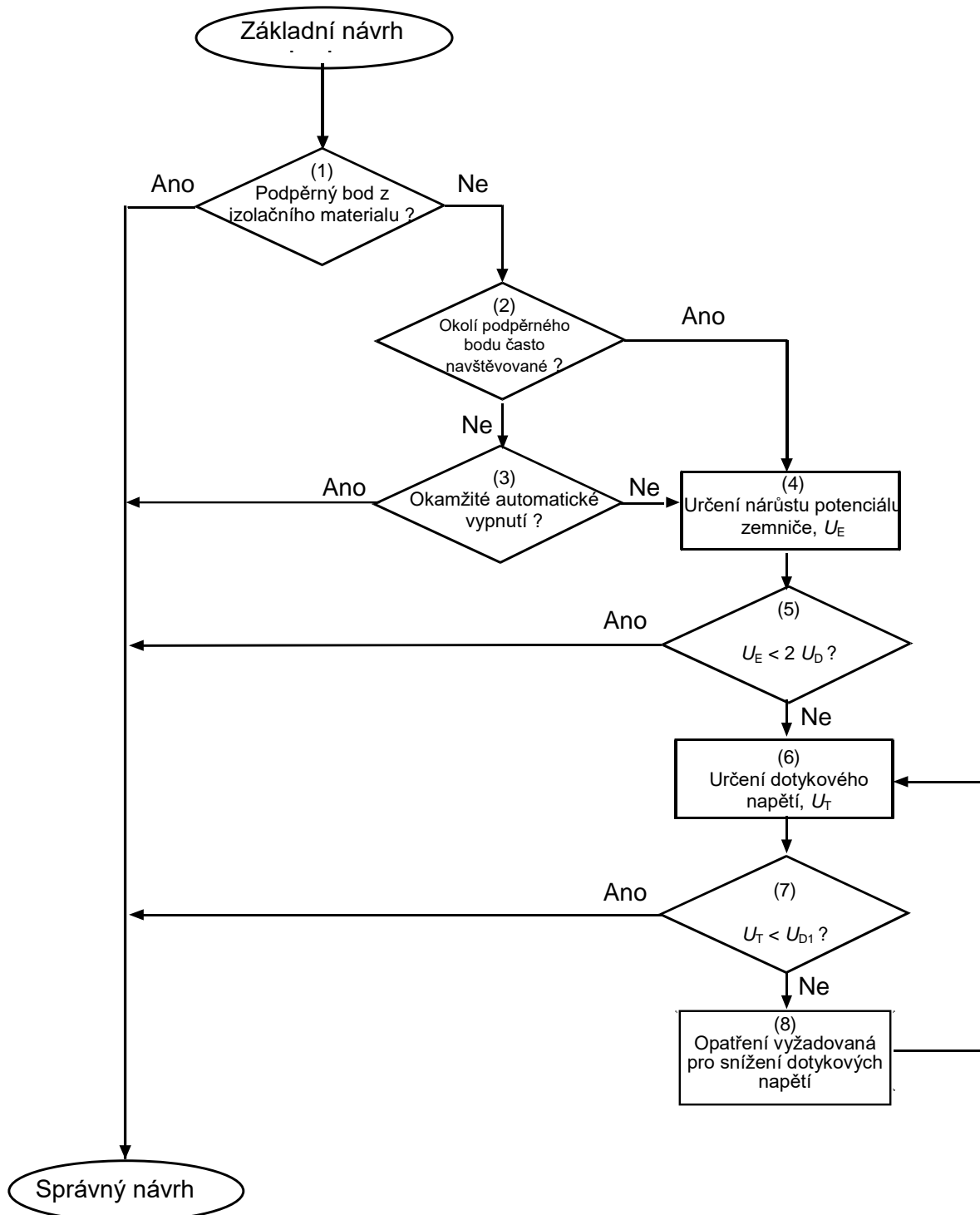
### 6.4.3 Základní návrh uzemňovacích soustav s ohledem na dovolené dotykové napětí

#### 6.4.3.1 Postup návrhu

Aplikace požadavků a) a b) v 6.1.2 je základem pro návrh uzemňovací soustavy. Tento návrh se musí ověřit s ohledem na nebezpečí nadměrných dotykových napětí a potom může být považován za typový návrh pro podobné situace.

Blokový diagram na obrázku 6.2 ukazuje obecný přístup k návrhu uzemňovací soustavy s ohledem na dovolené dotykové napětí. Čísla v kulatých závorkách jsou vysvětlena za obrázkem.

Všechny tyto vysvětlující poznámky se vztahují k obrázku 6.2.



Obrázek 6.2 – Návrh uzemňovací soustavy s ohledem na dovolené dotykové napětí

- (1) U dřevěných nebo jiných nevodivých podpěrných bodů bez jakýchkoli vodivých částí vůči zemi se v praxi nevyskytují zemní zkratky a proto nejsou žádné požadavky na uzemnění.
- (2) Pro podpěrné body umístěné tak, že jsou volně přístupné lidem a kde se může výskyt lidí předpokládat buď po relativně dlouhou dobu (několik hodin denně) během několika týdnů, nebo na krátký čas, ale velmi často (mnohokrát za den), např. blízko obytných oblastí nebo hřišť. Místa, která jsou pouze občas navštěvovaná, jako jsou lesy, otevřená krajina apod., zde nejsou zahrnuta.
- (3) V lokalitách, ve kterých nejsou podpěrné body volně přístupné, nebo se předpokládá, že výskyt osob bude řídký, a je-li vedení vybaveno automatickým působením ochran, nemusí se dotyková napětí uvažovat. Za rychlé automatické odpojení od zdroje se pokládá automatické odpojení od zdroje hlavní ochranou v čase do 1 s a záložní ochranou v čase do 5 s.
- (4) Viz H.4.4, týkající se stanovení nárůstu potenciálu zemniče.
- (5) Je-li nárůst potenciálu zemniče větší než  $2 U_b$  ve vztahu k příslušným křivkám  $U_{b2}$ ,  $U_{b3}$  nebo  $U_{b4}$  obrázku 6.1, pak je možno návrh považovat za vyhovující. Dotykové napětí ve většině těchto případů je pouze zlomkem nárůstu potenciálu zemniče. V oblastech s nepředvídatelnými půdními podmínkami se musí  $U_b$  ověřit měřeními.
- (6) Viz G.4.1, týkající se stanovení dotykových napětí.
- (7) Viz obrázek 6.1, křivka  $U_{b1}$ , napětí  $U_{b1}$  je stejné jako dovolené dotykové napětí  $U_{Tp}$ .
- (8) Není-li podmínka z předcházejícího bodu (7) splněna, pak musí být provedena opatření určená ke snížení dotykového napětí. Tato opatření se mohou specifikovat v PS.

POZNÁMKA Tato opatření mohou být například ekvipotenciální kruhy pro řízení rozložení potenciálu, odizolování stožáru, zvýšení odporu vrchní vrstvy zeminy atd.

Zavlečené potenciály mají být vždy kontrolovány samostatným výpočtem (viz 6.1.4).

#### 6.4.3.2 Okolí podpěrných bodů, která nejsou často navštěvována lidmi

Za okolí podpěrných bodů, která nejsou často navštěvována lidmi, se považují:

- a) místa v nezastavěných prostorách (například pole) ve vzdálenosti větší než 10 m od okraje dálnic, silnic a místních komunikací;
- b) místa dále než 50 m od soustředěné občanské a bytové zástavby;
- c) místa dále než 25 m od jednotlivých osamělých budov a továrních objektů mimo soustředěnou zástavbu;
- d) místa dále než 50 m od okraje volných rekreačních a sportovních ploch mimo soustředěnou zástavbu (například areálů zdravotních, jednoduchých hřišť, parkových ploch apod.);
- e) účelové komunikace určené pro obhospodařování polních a lesních pozemků.

Je-li vedení vybaveno rychlým automatickým odpojením od zdroje, nemusí se hodnoty dotykových napětí kontrolovat v místech, která nejsou často navštěvována lidmi v případě, že uložené zemniče podpěrného bodu nezasahují do vzdálenosti větší než 15 m od přístupných částí podpěrného bodu. Toto omezení neplatí pro spojení podpěrných bodů mezi sebou v zemi.

#### 6.4.3.3 Okolí podpěrných bodů, která jsou často navštěvována lidmi

Je-li vedení vybaveno rychlým automatickým odpojením vedení od zdroje a podpěrný bod se nachází v místě často navštěvovaném lidmi, nemusí se kontrolovat hodnoty dotykových napětí, je-li splněno alespoň jedno z následujících opatření:

- povrch terénu v okolí podpěrného bodu je izolován do vzdálenosti alespoň 1,5 m od kovové konstrukce trvanlivou izolační vrstvou a zemniče nepřesahují za okraj této vrstvy;
- je provedeno ohrazení podpěrného bodu nevodivým plotem nebo nevodivým plastem pokrytým dráťovým plotem (i s holými vodivými sloupky).

Izolace okolí podpěrného bodu se považuje za dostatečnou v následujících případech:

- štěrková vrstva s tloušťkou alespoň 100 mm;
- vrstva živičné směsi s odpovídajícím podkladem (například štěrk).

#### **6.4.3.4 Stanoviště obsluhy**

Izolace stanoviště obsluhy se považuje za dostatečnou, je-li použita izolační rohož s minimální plochou 1 000 mm x 1 000 mm a tloušťkou alespoň 2,5 mm nebo opatření zajišťující stejnou izolaci.

#### **6.5 Kontrola a dokumentace uzemňovacích soustav**

Pro každou uzemňovací soustavu musí být vypracován situační plán, který zobrazuje její součásti a umístění zemničů, místa rozvětvení a hloubku uložení. Pro stejně provedené uzemňovací soustavy se doporučuje vypracovat obecný typový situační plán.

Jsou-li nutná speciální opatření pro dosažení dovolených dotykových napětí, musí být zahrnuta do situačního plánu a popsána v PS.

## 7 Podpěrné body

### 7.1 Výchozí úvahy pro navrhování

#### 7.1.1 Úvod

Účelem tohoto článku je poskytnout návod pro navrhování konstrukcí podpěrných bodů pro elektrická venkovní vedení.

#### 7.1.2 Návrhová únosnost konstrukce sloupu

Článek 7.1.2 ČSN EN 50341-1:2013 pojednává o návrhové únosnosti podpěrných bodů určených pro venkovní elektrická vedení do 45 kV, a proto je tato problematika obsažena v PNE 33 3301.

#### 7.1.3 Vzpěrná únosnost

U samonosných konstrukcí, u kterých jsou vysoká svislá zatížení a/nebo špatné půdní podmínky a/nebo je vysoká štíhlost (s výjimkou ocelových příhradových stožárů), se musí uvažovat vzpěrná únosnost konstrukce.

Pro zajištění správného a efektivního návrhu konstrukcí se doporučuje využít informace uvedené v příloze L.

Pokud není stanoveno jinak, musí trvanlivost splňovat požadavky základních Eurokódů pro navrhování konstrukcí: ČSN EN 1992-1-1:2006, ČSN EN 1993-1-1:2006 a ČSN EN 1995-1-1:2006.

Číselné hodnoty, označené v následujících člancích jako „rámečkové hodnoty“, mohou být v PS změněny pouze tak, aby svojí hodnotou způsobily vyšší únosnost navrhované nebo posuzované konstrukce a tím zajistily její vyšší bezpečnost.

Jestliže se požaduje definovaná životnost, musí být před objednávkou v PS uvedena referenční doba včetně podmínek prostředí, požadavků prostředí, strategie řízení údržby a provozních kritérií.

### 7.2 Materiály

#### 7.2.1 Ocelové materiály, šrouby, podložky a matice, svařovací materiál

Požadavky a vlastnosti konstrukčních ocelí se určí podle ČSN EN 1993-1-1:2006. Požadavky a vlastnosti šroubů, podložek, matic a svařovacích materiálů se určí podle ČSN EN 1993-1-8:2006.

#### 7.2.2 Za studena tvarované ocelové prvky

Požadavky a vlastnosti za studena tvarovaných ocelových prvků se určí podle ČSN EN 1993-1-3: 2008.

#### 7.2.3 Požadavky na jakost ocelí určených pro pozinkování

Pokud není stanoveno jinak, u ocelí určených pro pozinkování se doporučuje, aby maximální obsah křemíku (Si) a fosforu (P) splňoval požadavky ČSN EN ISO 1461:2010, aby se předešlo nadměrně tlusté vrstvě ochranného povlaku matného tmavě šedého zabarvení, což může zvýšit riziko poškození povlaku.

#### 7.2.4 Kotevní šrouby

Pokud není v PS stanoveno jinak, musí se houževnatost materiálu (pevnostní třída oceli) kotevních šroubů vypočítat, ale zkušební teplota nesmí být vyšší než 0 °C. Pevnost matic kotevních šroubů musí odpovídat pevnosti kotevních šroubů.

#### 7.2.5 Beton a výztužná ocel

Beton a výztužná ocel se musí určit v souladu s požadavky ČSN EN 1992-1-1:2006.

#### 7.2.6 Dřevo

Dřevěné sloupy se musí navrhovat v souladu s požadavky ČSN EN 14229.

#### 7.2.7 Materiály pro kotvení

Vlastnosti materiálu pro kotvení, včetně charakteristických pevností, se musí převzít z příslušných norem. Charakteristická únosnost kotevních armatur a izolátorů musí být nejméně stejná, jako je únosnost samotného kotevního lana.

#### 7.2.8 Ostatní materiály

Vlastnosti všech ostatních materiálů musí být v souladu s požadavky na chování hotového výrobku a musí také splňovat funkční požadavky, týkající se pevnosti i použitelnosti (deformací, trvanlivostí a estetiky).

Musí se přitom též respektovat PS.

## **7.3 Ocelové příhradové stožáry**

### **7.3.1 Obecně**

Článek 7.3 se týká samonosných příhradových stožárů, vyrobených převážně z úhelníků se šroubovými spoji.

Pro navrhování jiných typů příhradových stožárů, které nejsou obsaženy v této normě, se musí splnit požadavky všech kapitol ČSN EN 1993-3-1:2008 kromě kapitoly 2.

Všeobecně se musí splnit požadavky příslušných částí ČSN EN 1993 s výjimkou kapitoly 2, pokud není dále v této normě uvedeno jinak.

POZNÁMKA 1 Kapitola 2 ČSN EN 1993-3-1:2008 se týká zásad navrhování a je nahrazena článkem 7.3.2 ČSN EN 50 341-1 a této normy.

Pokud není v PS uvedeno jinak, není potřebné uvažovat seismické účinky a požární odolnost.

POZNÁMKA 2 Více informací o seismických účincích na stožáry venkovních vedení je uvedeno v ČSN EN 1998-6:2005, příloha F.

### **7.3.2 Zásady navrhování**

Lze použít pravidla uvedená v kapitole 3 "Zásady navrhování".

Prvky, na které je možné si stoupnout, se musí navrhovat tak, aby vydržely zatížení, uvedené v 4.9.2.

### **7.3.3 Materiály**

Materiály musí být v souladu se 7.2.

Jako základní materiál může být použita pouze konstrukční ocel, pro kterou je deklarována hodnota nárazové práce KV minimálně 27 J při -20 °C.

### **7.3.4 Trvanlivost**

Viz požadavky v 7.9.

### **7.3.5 Analýza konstrukce**

#### **7.3.5.1 Metody analýzy**

Vnitřní síly a momenty ve staticky neurčité konstrukci se musí stanovit pomocí pružnostní globální analýzy. V analýze je možné použít průřezové vlastnosti neoslabených průřezů (viz 7.3.6.2).

Ocelové příhradové stožáry se obvykle uvažují jako kloubové prutové soustavy.

Jestliže se uvažuje spojitost prvků, lze následně vzniklá podružná ohybová napětí obecně zanedbat.

Za předpokladu, že jsou splněny podmínky rovnováhy, lze použít přibližný výpočet zatížení prutů s uvažováním jednotlivých stěn panelu stožáru jako rovinných příhradových konstrukcí.

Musí se ověřit, že systém ztužení má potřebnou tuhost, aby nedošlo lokálnímu vybočení kterékoliv části stožáru.

#### **7.3.5.2 Účinky deformací**

Vnitřní síly a momenty se obecně mohou stanovit pomocí:

- a) teorie prvního řádu s užitím počáteční geometrie konstrukce; nebo
- b) teorie druhého řádu s uvážením vlivu deformací konstrukce.

Pro globální analýzu samonosných příhradových stožárů se obvykle používá teorie prvního řádu.

#### **7.3.5.3 Pružnostní globální analýza**

Pružnostní globální analýza musí být založena na předpokladu lineárního vztahu mezi napětím a poměrným přetvořením materiálu bez ohledu na úroveň napětí. Tento předpoklad může být uplatněn v pružnostní analýze podle teorie prvního řádu i teorie druhého řádu.

Uvažují se tři typy prvků: hlavní nárožníky a pásy, pruty ztužení a druhotné prvky (často označované jako přebytečné prvky).

U podružných (přebytečných) prvků se může uvažovat, že přímo nepřenášejí vnější zatížení, ale zajišťují lokální stabilitu prvků, přenášejících vnější zatížení.

Při globální analýze se druhotné prvky mohou obvykle zanedbat.

Ohybové momenty, vyplývající z obvyklých excentricit, se zohledňují vhodnou volbou způsobu vybočení v 7.3.6.3.

Ohybové momenty, způsobené zatížením jednotlivých prutů větrem, jsou obecně zanedbatelné, ale může být potřebné s nimi počítat při návrhu štíhlých ztužidel nebo vodorovných okrajových prvků.

Ohybové momenty, způsobené běžnými excentricitami ve spojích diagonálních prvků ztužení a nárožníků, jsou obecně zanedbatelné za předpokladu, že konstrukční návrh spoje je proveden tak, aby minimalizoval tyto účinky.

POZNÁMKA Více informací o analýze konstrukcí je možné získat z technické brožury CIGRE č. 387 "Vliv hyperstatického modelování na chování příhradových konstrukcí venkovních vedení (*Influence of the hyperstatic modelling on the behaviour of transmission line lattice structures*)".

### 7.3.6 Mezní stavy únosnosti

#### 7.3.6.1 Obecně

##### 7.3.6.1.1 Dílčí součinitele vlastnosti materiálu $\gamma_M$

Dílčí součinitele vlastnosti materiálu  $\gamma_M$ , definované v 3.6.3, se mají uvažovat pro různé charakteristické hodnoty únosnosti v 7.3.6 následovně:

- únosnost průřezů k mezi kluzu kterékoliv třídy:  $\gamma_{M0}$
- vzpěrná únosnost prutů:  $\gamma_{M1}$
- únosnost průřezů v tahu při přetržení:  $\gamma_{M2}$
- únosnost šroubových spojů při přetržení:  $\gamma_{M2}$
- únosnost jiných typů spojů: viz ČSN EN 1993-1-8

Pro příhradové stožáry se doporučují následující číselné hodnoty:

- $\gamma_{M0} = 1,00$
- $\gamma_{M1} = 1,00$
- $\gamma_{M2} = 1,25$

##### 7.3.6.1.2 Přístup k posuzování únosnosti

Únosnost prutů příhradových ocelových stožárů bude posuzována podle ČSN EN 1993-1-1:2006.

##### 7.3.6.1.3 Koordinace únosnosti

Není-li v PS uvedeno jinak, je nutno hodnoty dílčích součinitelů vlastnosti materiálu  $\gamma_M$  pro prvky, tvořící nadzemní část základového dílu stožáru, vynásobit součinitelem koordinace únosnosti 1,5.

##### 7.3.6.2 Únosnost průřezů

Klasifikace průřezů musí být provedena podle 5.5 ČSN EN 1993-1-1:2006.

POZNÁMKA 1 Úhelníky se v souladu s 5.5 ČSN EN 1993-1-1:2006 považují za průřezy třídy 3 nebo 4.

Neoslabené plochy průřezů se musí vypočítat podle 6.2.2.1 ČSN EN 1993-1-1:2006.

Plochy oslabených průřezů se musí vypočítat podle 6.2.2.2 ČSN EN 1993-1-1:2006.

Pro za tepla válcované úhelníky se musí účinné vlastnosti průřezů stanovit z účinných šířek tlačných ramen. Účinné šířky se stanoví pomocí redukčního součinitele  $\rho$ , který se vypočítá následovně:

$$\rho = 1, \text{ když } \bar{\lambda}_p \leq 0,748$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1, \text{ když } \bar{\lambda}_p > 0,748$$

kde poměrná štíhlost  $\bar{\lambda}_p$  je:

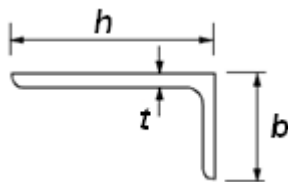
$$\bar{\lambda}_p = \frac{(h - 2t)/t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} \text{ nebo } \bar{\lambda}_p = \frac{(b - 2t)/t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}}$$

kde je  $k_{\sigma}$  součinitel kritického napětí  $k_{\sigma} = 0,43$ ;

$\varepsilon$  součinitel závislý na mezi kluzu.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}, \text{ kde } f_y \text{ je jmenovitá hodnota meze kluzu v N/mm}^2.$$

Rozměry  $b$ ,  $h$ ,  $t$  se stanoví podle obrázku 7.1.



**Obrázek 7.1 – Rozměry úhelníku**

**POZNÁMKA 2** Pro úhelníky připojené jedním ramenem se redukční součinitel  $\rho$  použije jen na připojené rameno.

**POZNÁMKA 3** Uvedený postup vyplývá ze vztahu (4.3) v EN 1993-1-5:2005, doplněného o poznámky 1 až 3 v ČSN EN 1993-3-1:2008.

Pro úhelníky tvarované za studena viz ČSN EN 1993-1-3.

### 7.3.6.3 Únosnost prvků v tahu, ohybu a tlaku

#### 7.3.6.3.1 Únosnost v tahu

Únosnost prvků v tahu se musí vypočítat podle vztahu (6.7) v 6.2.3 ČSN EN 1993-1-1:2006.

Únosnost v tahu úhelníků, připojených jedním ramenem, se počítá v souladu s postupem, uvedeným v 3.10.3 ČSN EN 1993-1-8:2006.

#### 7.3.6.3.2 Únosnost v tlaku

Únosnost v tlaku se musí vypočítat podle 6.2.4 ČSN EN 1993-1-1:2006.

#### 7.3.6.3.3 Únosnost v ohybu

Únosnost v ohybu se musí vypočítat podle 6.2 ČSN EN 1993-1-1:2006.

#### 7.3.6.3.4 Únosnost při kombinaci ohybového momentu a osově síly

Únosnost při kombinaci ohybového momentu a osově síly se musí vypočítat podle vztahu (6.44) v 6.2.9.3 (2) ČSN EN 1993-1-1:2006, přičemž posuny příslušných těžištních os  $e_{Ny}$  a  $e_{Nz}$  se rovnají nule.

#### 7.3.6.4 Vzpěrná únosnost tlačných prutů

Vzpěrná únosnost tlačných prutů se vypočítá v souladu s ustanoveními v přílohách G a H ČSN EN 1993-3-1:2008.

Způsob vybočení zkroucením a/nebo ohybem a zkroucením se má také posoudit následovně:

- Vzpěr rovnoramenných úhelníků při kroucení a/nebo ohybu a kroucení se posoudí s použitím vlastností účinného průřezu, určených podle 7.3.6.2,
- Pro za tepla válcované nerovnoramenné úhelníky nebo jiné průřezy viz 6.3.1.4 ČSN EN 1993-1-1:2006,
- Pro tenkostěnné za studena tvarované prvky viz 6.2.3 ČSN EN 1993-1-3:2005.

#### 7.3.6.5 Vzpěrná únosnost ohýbaných prutů

Vzpěrná únosnost ohýbaných prutů se má vypočítat podle 6.3 ČSN EN 1993-1-1:2006.

### 7.3.7 Mezní stavy použitelnosti

Obvykle není nezbytné uvažovat průhyby nebo kmitání příhradových stožárů, pokud to není požadováno v PS.

Mezní stavy použitelnosti se týkají geometrie stožáru a musí se definovat v souladu s požadavky na nejkratší elektrické vzdálenosti (od země a od konstrukce), uvedenými v kapitole 5 "Elektrické požadavky".

Přípustné hodnoty průhybů příhradových stožárů pro posouzení mezních stavů použitelnosti stanoví PS.



### 7.3.8 Únosnost spojů

Mají se splnit ustanovení pro spoje, uvedené v ČSN EN 1993-1-8:2006.

Šroubové spoje příhradových stožárů se navrhují v souladu s požadavky kapitoly 3 ČSN EN 1993-1-8:2006.

Šroubové spoje, jimiž jsou k nárožníkům nebo ke stykovým plechům připojeny šikmé nebo vodorovné pruty ztužení, musí být alespoň do výšky 6m nad základem zajištěny proti rozebrání, například použitím bezpečnostních matic.

### 7.3.9 Navrhování pomocí zkoušek

Pro potvrzení vypočtené únosnosti celého stožáru nebo jeho části se může požadovat experimentální ověření konstrukce úplnou zkouškou v měřítku 1 : 1.

Pro určení zkušební únosnosti  $F_{\text{test,R}}$  se provádí úplná zkouška v měřítku 1 : 1 podle ustanovení ČSN EN 60652.

Minimální zkušební zatížení  $F_{\text{test,R}}$  se stanoví ze vztahu:

$$F_{\text{test,R}} > 1,00 F_{\text{R,d}}$$

kde je

$F_{\text{R,d}}$  návrhové zatížení pro mezní stav únosnosti.

Jestliže zkouška pokračuje až do porušení, je možné výsledky použít pro analýzu přepočtením návrhové únosnosti se skutečnými vlastnostmi toho prvku, který způsobil poruchu.

### 7.3.10 Únava

Jestliže není stanoveno jinak, není potřebné únavu uvažovat.

## 7.4 Ocelové sloupy

### 7.4.1 Obecně

Jestliže není dále stanoveno jinak, musí se splnit požadavky ČSN EN 1993-1-1:2006.

Ve všech následujících článcích kromě článku 7.4.8 jsou v závorkách uvedeny odkazy na odpovídající kapitoly ČSN EN 1993-1-1:2006.

### 7.4.2 Zásady navrhování (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 2)

Použijí se pravidla, uvedená v kapitole 3 "Zásady navrhování".

Není-li uvedeno jinak, není nutné uvažovat seismické účinky, únavu nebo požární odolnost.

Jestliže se požaduje dynamická analýza, musí se uvažovat vliv různých faktorů, které ovlivňují chování sloupu, jako jsou vodiče, tlumiče a základy. Tam, kde je to vhodné, lze dynamické účinky vyjádřit zavedením dynamických součinitelů k hodnotám zatížení a použít kvazistatický přístup pro navrhování.

### 7.4.3 Materiály (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 3)

Materiály musí být v souladu se 7.2.

Pevnostní třídy konstrukčních ocelí pro nosné prvky musí být určeny s ohledem na výrobní proces a nejnižší provozní teploty, ale obecně se pro ocelové sloupy a svařované trubkové konstrukce z oceli tlustší než 6 mm doporučuje, aby oceli měly při Charpyho zkoušce vrubové houževnatosti  $V$  vrubem při teplotě – 20°C hodnotu nárazové práce alespoň 40 J.

### 7.4.4 Trvanlivost (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 4)

Viz 7.9.

### 7.4.5 Analýza konstrukce (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 5)

Vnitřní síly a momenty v kterémkoliv příčném řezu konstrukce se musí stanovit pomocí pružnostní globální analýzy.

Při globální analýze ocelových sloupů se musí použít teorie druhého řádu s uvážením vlivu deformací konstrukce.

Pružnostní globální analýza musí být založena na předpokladu lineárního vztahu mezi napětím a poměrným přetvořením materiálu bez ohledu na úroveň napětí.

Předpoklady pro navrhování spojů musí splňovat požadavky uvedené v 7.4.8.

Pro ocelové sloupy se musí uvažovat jen s průřezy třídy 3 a 4 podle definice v ČSN EN 1993-1-1:2006. Analýza se omezuje pouze na pružnou oblast chování.

#### 7.4.6 Mezní stavy únosnosti (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 6)

##### 7.4.6.1 Obecně

Ocelové sloupy a jejich součásti se musí dimenzovat tak, aby byly splněny základní návrhové požadavky pro mezní stavy únosnosti, uvedené v kapitole 3 "Zásady navrhování".

Musí být použity následující dílčí součinitele vlastnosti materiálu  $\gamma_M$ :

- |  |                      |
|--|----------------------|
| a) Únosnost průřezů                              | $\gamma_{M1} = 1,00$ |
| b) Únosnost průřezů oslabených dírami pro šrouby | $\gamma_{M2} = 1,25$ |
| c) Únosnost spojů                                | viz 7.4.8.           |

##### 7.4.6.2 Únosnost průřezů

Únosnost průřezů ocelových sloupů se musí stanovit v souladu s požadavky v příloze K.

Účinná průřezová plocha se musí stanovit s uvážením lokálního boulení podle přílohy K.

Svislé zesilující výztuhy kolem otvorů se musí navrhout tak, aby odolaly boulení a byly splněny všeobecné požadavky ČSN EN 1993-1-1:2006, včetně spojů (svary, šrouby, atd.).

#### 7.4.7 Mezní stavy použitelnosti (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 7)

Přípustné hodnoty průhybů ocelových sloupů pro posouzení mezních stavů použitelnosti stanoví PS. Příslušné mezní hodnoty deformací a výchylek se musí dohodnout mezi zákazníkem a projektantem.

Mezní stavy použitelnosti ocelových sloupů se týkají geometrie sloupů a musí se definovat v souladu s požadavky na nejkratší elektrické vzdálenosti (od země a od konstrukce), uvedenými v kapitole 5 "Elektrické požadavky".

#### 7.4.8 Únosnost spojů

##### 7.4.8.1 Zásady

Všechny spoje musí mít takovou návrhovou únosnost, aby konstrukce byla efektivní a byly splněny základní návrhové požadavky, uvedené v kapitole 3 "Zásady navrhování".

Musí se použít následující dílčí součinitele vlastnosti materiálu  $\gamma_M$ :

- |                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| a) únosnost šroubových spojů:    |                       |
| • šrouby ve stříhu a na otláčení | $\gamma_{Mbs} = 1,25$ |
| • šrouby v tahu                  | $\gamma_{Mbt} = 1,25$ |
| b) únosnost svarových spojů      | $\gamma_{Mw} = 1,25$  |

##### 7.4.8.2 Šrouby (kromě kotevních šroubů)

Návrhová únosnost šroubů ve stříhu, v otláčení nebo v tahu se posuzuje v souladu s požadavky kapitoly 3 ČSN EN 1993-1-8:2006.

Návrhová únosnost předepnutých vysokopevnostních šroubů je uvedena v 3.1 ČSN EN 1993-1-8:2006.

##### 7.4.8.3 Spoje s nasunutím

Spoje s nasunutím není potřebné ověřovat výpočtem, jsou-li splněny následující požadavky:

- Při modelování sloupu pro globální pružnostní analýzu se pro únosnost počítá pouze se jmenovitou vnitřní částí dílu sloupu v místě nasunutí.
- Spoje jsou na výkresech určeny jmenovitým přesahem, který se rovná nejméně 1,5násobku největšího průměrného průměru, měřeného z rohu do rohu vnějšího dílu.
- Montáž se provádí na staveništi. Aby se zohlednila proměnlivá tloušťka pozinkování a rozměrové nepřesnosti polygonálního průřezu, musí být nejmenší účinná délka zasunutí alespoň 1,35násobkem největšího průměrného průměru, měřeného z rohu do rohu vnějšího dílu.
- Součet délkových tolerancí všech nasunovaných spojů však musí být v souladu s délkovou tolerancí sloupu. Celková délková tolerance sloupů s nasunovanými spoji musí být určena v PS a to k úrovni spodních konzol a k vrcholu sloupu.

- e) Síla při vytváření spoje musí být větší než největší svislé návrhové zatížení tlakem v úrovni spoje.
- f) Je-li to nezbytné, musí se na dřívě sloupu na obou stranách spoje umístit kotevní úchyty, umožňující provést na staveništi řádné spojení pomocí hydraulických lisů nebo stahovacích prostředků podle doporučení dodavatele.

#### 7.4.8.4 Šroubové přírubové spoje

Musí se použít předepnuté vysokopevnostní šrouby třídy 8.8, 10.9 nebo podobné.

Doporučuje se, aby rozteče mezi osami šroubů nebyly větší než 5násobek průměru šroubu.

Při výpočtu napětí ve šroubech se musí řádně respektovat vliv excentricity zatížení přenášeného spojem podle ČSN EN 1993-1-8:2006.

Návrhová únosnost šroubů ve stříhu, v otláčení a v tahu je uvedena v 7.4.8.2.

#### 7.4.8.5 Svarové spoje

Návrhové únosnosti koutových svarů a tupých svarů jsou uvedeny v 4.3.2, 4.3.3 a 4.3.4 ČSN EN 1993-1-8:2006.

Svařovací postupy musí být v souladu s ČSN EN 1090-1.

Svarové spoje musí obecně odpovídat příslušným požadavkům na materiály a provedení, uvedeným v kapitole 4 ČSN EN 1993-1-8:2006.

V celé délce nasunutého spoje vnějšího dílu s vnitřním se musí na vnějším dílu používat svary s plným závarem. V ostatních částech se mohou použít podélné svary s částečným závarem (nejméně 60 %), pokud vyhovují pevnostním požadavkům.

#### 7.4.8.6 Přímé zabetonování

Přednostně se má spojení sloupu se základem provést přímým zabetonováním spodní části ocelového sloupu do základu.

Při určení délky zabetonování sloupu v základu se musí uvažovat lineární rozdělení napětí v souladu s požadavky ČSN EN 1992-1-1:2006.

Náležitá pozornost se musí věnovat možnému lokálnímu vyboulení ocelového průřezu, pokud není zabetonovaná část sloupu vyplněna betonem i zevnitř.

#### 7.4.8.7 Patní deska a kotevní šrouby

Patní deska a kotevní šrouby musí být schopné zachytit síly, působící ve styku mezi konstrukcí a základem nebo podpůrnou konstrukcí.

Návrh kotevní délky šroubů v betonu je uveden v příloze K.

Kotevní šrouby se musí kontrolovat na stříh a osově zatížení. Pozornost se musí věnovat možnému vzniku ohybových momentů při příčném posunutí šroubů, není-li patní deska podlita.

Mezi patní desku a povrch základového betonu se musí vpravit vhodná zalévací malta (podlita) tak, aby byl zajištěn přenos smykového zatížení. Jestliže se podlita nepoužije, musí se ověřit přenos smykového zatížení pomocí kotevních šroubů. Musí se provést dostatečné odvodnění a/nebo odvětrání, aby se předešlo hromadění vody uvnitř sloupu.

Horní matice, připojující patní desku ke kotevním šroubům, mohou být zajištěny bezpečnostními maticemi, které znemožní jejich zcizení. Podrobnosti zajištění styčnicku mohou být stanoveny v PS.

#### 7.4.9 Navrhování pomocí zkoušek

Pro potvrzení vypočtené únosnosti celého ocelového sloupu nebo jeho části se může požadovat experimentální ověření úplnou zkouškou v měřítku 1 : 1. Úplná zkouška se provádí pro určení zkušební únosnosti  $F_{\text{test,R}}$ . Musí se provést alespoň jedna zkouška na vzorku nominálně identickém se sériovou výrobou.

Minimální zkušební zatížení  $F_{\text{test,R}}$  se stanoví ze vztahu:

$$F_{\text{test,R}} > 1,00 F_{\text{R,d}}$$

kde je

$F_{\text{R,d}}$  návrhové zatížení pro mezní stav únosnosti.

Alternativně, jestliže zkouška pokračuje až do porušení, je možné výsledky použít pro analýzu přepočtením návrhové únosnosti podle skutečných vlastností toho prvku, který způsobil poruchu.

## 7.5 Dřevěné sloupy

Dřevěné podpěrné body se na nových vedeních se jmenovitým napětím 110, 220 a 400 kV nepoužívají, a proto požadavky na ně nejsou v této PNE uvedeny. V případě potřeby se odkazuje na články 7.5 v ČSN EN 50341-1:2013 a ČSN EN 50341-2-19:2015.

## 7.6 Betonové sloupy

Betonové podpěrné body se na nových vedeních se jmenovitým napětím 110, 220 a 400 kV nepoužívají, a proto požadavky na ně nejsou v této PNE uvedeny. V případě potřeby se odkazuje na články 7.6 v ČSN EN 50341-1:2013 a ČSN EN 50341-2-19:2015.

## 7.7 Kotvené konstrukce

### 7.7.1 Obecně

Kotveným podpěrným bodem může být příhradová ocelová konstrukce nebo ocelový, betonový nebo dřevěný sloup s kotevními lany z pramenů z pozinkovaných drátů zvláště vysoké pevnosti. Existují různé typy konfigurací kotvených podpěrných bodů, jako je V-stožár, portál, sloup, podpěrný bod s řetězovkou, dvojitě kotvená konstrukce s dřevěnými nohami, ve více úrovních kotvená konstrukce s trubkovými nohami, atd.

Musí se splnit požadavky příslušných základních Eurokódů, pokud není dále uvedeno jinak.

### 7.7.2 Zásady navrhování

Použijí se pravidla uvedená v kapitole 3 "Zásady navrhování".

Pokud není stanoveno jinak, není nutné uvažovat seismické účinky, únavu nebo požární odolnost.

### 7.7.3 Materiály

Materiály musí být v souladu se 7.2 a s dokumenty, které se týkají jednotlivých typů vlastních základních podpěr.

Pro kotevní lana se musí splnit požadavky ČSN EN 1993-1-11:2008 "Navrhování ocelových konstrukcí s taženými prvky", pokud jsou použitelné pro konstrukce podpěrných bodů venkovních vedení. Tato norma obsahuje pravidla pro navrhování a rozměrové požadavky také pro kotevní armatury, sedla a očnice.

### 7.7.4 Mezní stavy únosnosti

#### 7.7.4.1 Zásady

Kotvené konstrukce a jejich součásti se musí navrhovat tak, aby byly splněny základní návrhové požadavky pro mezní stavy únosnosti, uvedené v kapitole 3 "Zásady navrhování".

Musí se použít dílčí součinitele vlastností materiálu  $\gamma_M$ , stanovené pro základní podpěry, a kromě toho pro:

- únosnost kotevních lan a jejich přípojí  $\gamma_{M2} = \boxed{1,40}$
- únosnost kotev izolátorů vůči charakteristické pevnosti  $\gamma_{M2} = \boxed{2,00}$

Kotvené konstrukce se obecně musí analyzovat pomocí teorie druhého řádu. Zapuštěné kotvené podpěrné body s předepnutými kotevními lany a jiné jednoduché konstrukce jsou často dostatečně tuhé, aby je bylo možné řešit pomocí teorie prvního řádu. Pro jednoduše kotvené podpěrné body (pouze jedna úroveň kotvení) se může použít lineární pružnostní analýza, jestliže se globální stabilita noh ověří nezávislými analýzami, ve kterých se uváží geometrická nelinearita (PD účinek).

Analýza musí být založena na předpokladu lineární závislosti mezi napětím a poměrným přetvořením materiálu.

Výsledná návrhová únosnost kotvy se po montáži a stavbě sníží z teoretické hodnoty v důsledku ohybu kotevního lana okolo sedla, očnice, klínové svorky nebo svorníku. S tím se musí při návrhu počítat. Podrobnosti jsou uvedeny v ČSN EN 1993-1-11:2008 a ČSN EN 12385 (všechny části).

Za charakteristickou únosnost kotevního lana se musí považovat jmenovitá hodnota únosnosti lana, stanovená v příslušných normách, jako je ČSN EN 12385 (všechny části), nebo se může uvažovat podle specifikace výrobce, která musí vycházet z laboratorních zkoušek.

Výsledná návrhová únosnost kotevní sestavy se musí vypočítat ze vztahu:

$$F_{d,g} = F_{ke,g} / \gamma_{M2}$$

$$F_{ke,g} = K_e F_{k,g}$$

kde je

$F_{d,g}$  návrhová únosnost kotevní sestavy;

$F_{ke,g}$	redukovaná charakteristická únosnost kotevního lana;
$F_{k,g}$	charakteristická únosnost kotevního lana;
$\gamma_{M2}$	dílčí součinitel vlastnosti materiálu kotevního lana;
$K_e$	redukční součinitel únosnosti v závislosti na typu koncovky (viz tabulka 7.1).

Hodnota redukčního součinitele únosnosti  $K_e$  může být prokázána laboratorními zkouškami nebo výpočty podle metod uvedených v ČSN EN 1993-1-11:2008. Pokud takové zkoušky nebo výpočty nejsou k dispozici, je možné hodnotu redukčního součinitele únosnosti  $K_e$  určit z tabulky 7.1.

**Tabulka 7.1 – Redukční součinitel  $K_e$  pro únosnost kotevní sestavy**

Typ zakončení	$K_e$	Poznámky
Koncovka zalitá kovem	1,00	
Koncovka zalitá pryskyřicí	1,00	
Spirálové ukončení	1,00	
Kovová koncovka	0,90	
Oko s nalisovanou objímkou	0,90	
Klínová svorka	0,80	Typ a velikost podle instrukcí výrobce
Očnice a sedlo	0,80	Typ a velikost podle instrukcí výrobce
Třmenová U-svorka	0,80	Typ a velikost podle instrukcí výrobce
Jiné	0,50-0,70	Svorník aj. v závislosti na poloměru ohybu (viz pravidla výpočtu v ČSN EN 1993-1-11)

#### 7.7.4.2 Výpočet vnitřních sil a momentů

Příhradový podpěrný bod (noha nebo konzola) se musí posuzovat na ohyb a vzpěrný tlak pomocí trojrozměrného prostorového rámového modelu nebo prostorového modelu s klouby na koncích nebo zjednodušeného prostorového rámového modelu, ve kterém se osová a ohybová tuhost musí vypočítat podle vlastností hlavních prutů, zatímco torzní tuhost se musí odvodit z vlastností prutů ztužení.

U prvků tvarovaných za studena se musí uvažovat prostorový vzpěr. Přitom se musí uvažovat lokální boulení hlavních nárožníků i prvků ztužení.

Možnost zkosení čtvercového průřezu dřívku příhradového podpěrného bodu se musí vyloučit vodorovným diagonálním vyztužením uvnitř dřívku.

Při výpočtu sil v prutech na obou koncích kloubově uloženého příhradového podpěrného bodu se musí uvažovat vliv rozložení smykových sil. Pro zohlednění imperfekcí podpěrného bodu se může přidat dodatečná příčná síla, působící na podpěrný bod. Doporučená hodnota této síly je  $1,5\%$  osové síly v podpěrném bodě.

U ocelových podpěrných bodů, kotvených v několika úrovních, se v modelu pro analýzu musí také uvažovat s velkým přemístěním a změnami polohy bodů, ve kterých působí zatížení. Doporučuje se metoda konečných prvků (FEM), založená na přírůstkové teorii druhého řádu. Je třeba věnovat pozornost výběru rozměrů kotevních lan a určení počátečních tahů kotevních lan.

Kotvené podpěrné body se musí navrhovat na ohyb a na vzpěr. U ocelových dutých podpěrných bodů se musí posoudit lokální boulení podle 7.4.6.

#### 7.7.4.3 Analýza druhého řádu

Při analýze podle teorie druhého řádu se musí vzít v úvahu následující aspekty:

Pro části, uložené kloubově na obou koncích (nohy podpěrného bodu), se musí předpokládat počáteční odchylka od přímosti. Obvyklá návrhová hodnota je  $L/600$  pro ocelové části a  $L/150$  pro dřevěné části, kde  $L$  je délka nohy. Lze použít i menší hodnotu (ne méně než  $L/1\ 000$ ), pokud je ověřena měřením. Odchylka od přímosti se musí uplatnit v nejméně příznivém směru vzhledem k reakcím nebo napětím. Zabetonované kotvené podpěrné body se musí posuzovat s použitím počáteční odchylky od přímosti nebo počátečního naklonění.

Musí se uvažovat s uvolněním jednoho nebo více kotevních lan v důsledku přerozdělení zatížení v různých zatěžovacích stavech.

Při výpočtu ohybových napětí v tlačené noze se musí do výpočtu zavést excentricita  $20 \text{ mm}$  (navíc k návrhové hodnotě excentricity) na koncích kloubově uložené příhradové nohy. Excentricita se musí uplatnit v nejméně příznivém směru vzhledem k reakcím nebo napětí. Lze použít menší hodnotu, je-li ověřena měřením.

Pokud se pro kompenzaci ohybových účinků větru na nohu konstrukce použije koncová excentricita na koncích kloubově uložené příhradové nohy, musí se ověřit následující dodatečný zvláštní zatěžovací stav: Extrémní zatížení (nárazovým) větrem na vodiče a extrémní zatížení větrem s 10minutovou střední rychlostí na podpěrný bod.

#### 7.7.4.4 Největší štíhlosti

Dále jsou uvedeny největší štíhlosti konstrukčních prvků kotvených podpěrných bodů. Hodnoty pro nohy se také týkají každého jednotlivého rozpětí nohy, pokud je podpěrný bod kotvený ve více úrovních. U kuželovitých dutých nebo dřevěných noh se při ověřování štíhlosti počítá s průměrnou hodnotou jejich průměru.

- ocelová příhradová noha (celková štíhlost)  $150$
- dutá ocelová noha  $150$
- dřevěná noha  $250$
- vodorovný nosník mezi nohami  $250$  (u podpěrných bodů kotvených ve více úrovních)

#### 7.7.5 Mezní stavy použitelnosti

Hodnoty pro mezní stavy použitelnosti se týkají geometrie stožáru a musí se definovat v souladu s požadavky na nejkratší elektrické vzdálenosti (od země a od konstrukce), uvedenými v kapitole 5 "Elektrické požadavky".

Přípustné hodnoty změn geometrie kotvených konstrukcí pro posouzení mezních stavů použitelnosti stanoví PS.

#### 7.7.6 Konstrukční detaily kotev

Navrhování kotev musí být založeno na odzkoušených hodnotách parametrů, uvedených v příslušných normách nebo udaných výrobcem.

V analýze se musí počítat s účinným modulem pružnosti kotevních lan, stanoveným podle norem, údajů výrobce nebo výsledků zkoušek. Je-li to možné, musí se použít metody a návrhové parametry podle ČSN EN 1993-1-11:2008.

Pro kotevní lana se musí použít prameny z pozinkovaných ocelových drátů nebo ocelová vícepramenná lana s ocelovou duší. Aby kotevní lana vydržela vysoký poruchový proud, je možné ocelové dráty doplnit hliníkovými dráty – lana typu AL1/STyz.

Kotevní lana musí být vybavena zařízením pro jejich dopínání. Spojení kotevního lana s kotevním zařízením musí být přístupné. Spoje a napínací zařízení musí být zajištěny proti uvolnění za provozu.

Pro připojení lan pomocí kotevních očnic, klínových svorek nebo jiných podobných armatur musí být doloženy spolehlivé a zdokumentované typové zkoušky. Bude-li kotevní lano ohýbané, kotevní armatury musí mít přijatelné poloměry ohybu (prokázané zkouškami). Lanové svorky však nejsou přijatelné. Viz požadavky a detaily v ČSN EN 1993-1-11:2008. Další informace mohou být uvedeny v PS.

Kotevní lana použitá v konstrukcích, jako je V-stožár, portál, podpěrný bod s řetězovkou a dvojitě kotvená konstrukce s dřevěnými nohami, se obecně po postavení konstrukce předepnou malou silou. Účinek této síly, která obvykle není větší než 20 kN, se může ve výpočtech zanedbat.

Kotevní lana, použitá u ostatních konstrukcí, se obecně předepnou na určenou hodnotu, aby se redukovaly deformace při extrémních zatíženích. Předpínací napětí se musí stanovit v procentech pevnosti lana nebo největšího napětí. Rohové stožáry musí být po napnutí vodičů při referenční teplotě svislé.

Aby se minimalizovala možnost kmitání kotevních lan, má být obvykle jejich předpětí menší než  $15 \%$  jejich pevnosti. U rohových stožárů mohou být potřebné vyšší hodnoty.

U kotvených podpěrných bodů, u kterých jsou pro nohy, konzoly nebo vodorovné prvky použity trubkové průřezy, se musí věnovat zvláštní pozornost tomu, aby se předešlo možnému kmitání, gallopingu nebo flutteru těchto válcových prvků.

Jestliže se pro ukončení kotevních lan použijí odlité ocelové koncovky nebo odlité klínové koncovky, má se přijatelnou nedestruktivní zkouškou nebo certifikátem výrobce prokázat, že v koncovce nejsou vnitřní defekty.

Skutečná odchylka nohy podpěrného bodu od přímosti se musí zkontrolovat prohlídkou před vztyčením podpěrného bodu a zjištěná hodnota musí vyhovovat návrhové hodnotě.

Případné předpětí kotevních lan se musí kontrolovat a udržovat při periodických kontrolních prohlídkách. Pro montáž podpěrného bodu, kotveného ve více úrovních, jsou potřebné instrukce, protože taková konstrukce je citlivá na předpětí kotevních lan.

V osídlených oblastech se musí věnovat patřičná pozornost ochraně kotevních lan před možným přeskokem. V některých případech může být nezbytné/doporučené odizolování kotevního lana. Pro zajištění elektrické bezpečnosti se také musí vzít v úvahu možnost částečného nebo úplného uvolnění kotevního lana, způsobeného větrem, údržbou nebo z jiných důvodů.

Všechna do země zakotvená kotevní lana musí být vybavena prostředky pro jejich co největší viditelnost.

Náležitá péče se musí věnovat ochraně kotevních lan před možným vystavením elektrickému napětí. Všechny kotvy dřevěných podpěrných bodů a podpěrných bodů z materiálu s izolačními vlastnostmi, umístěné ve vzdálenosti menší než  $0,5 \text{ m} + D_{ei}$  od živých částí, se musí vybavit dostatečně navrženým izolátorem, pokud kotva není elektricky spojena se zemí na koncích u země nebo u konstrukce. Uzemnění musí být takové, aby se v případě poruchy kotvy žádná část nedostala pod napětí a představovala elektrické nebezpečí pro veřejnost. V případě potřeby se musí uzemnění provést na obou koncích.

U všech ostatních kotvených podpěrných bodů musí být kotvy zahrnuty do uzemňovací soustavy podpěrného bodu. Je-li to požadováno v PS, musí být opatřeny kotevním izolátorem.

Vzdálenost mezi spodní částí kotevního izolátoru a zemí musí být obvykle alespoň  $3,5 \text{ m} + D_{ei}$ . Tato vzdálenost musí být alespoň  $3,0 \text{ m} + D_{ei}$  i v případě, že se kotevní lano na spodním konci částečně nebo úplně uvolní.

## 7.8 Ostatní konstrukce

Ostatní konstrukce se musí navrhovat v souladu s požadavky základních Eurokódů ČSN EN 1992-1-1:2006 a ČSN EN 1993-1-1:2006.

Analýza a navrhování zvláštních konstrukcí, které nejsou uvedeny v předchozích člancích, musí být dohodnuty mezi zákazníkem a projektantem/výrobcem před uzavřením smlouvy.

## 7.9 Ochrana proti korozi a povrchové úpravy

### 7.9.1 Obecně

Podpěrné body musí být chráněny proti korozi, aby byla dosažena jejich předpokládaná životnost podle kapitoly 3 "Zásady navrhování", přičemž se bere v úvahu předpokládaný režim údržby. Následující články obsahují minimální požadavky, ale v PS mohou být uvedeny přísnější požadavky v souladu s předpisy pro ochranu životního prostředí.

Způsob ochrany proti korozi musí být stanoven v PS.

#### Ochrana proti korozi nátěrem

Je-li požadována ochrana proti korozi nátěrem, musí PS stanovit pokyny pro přípravu povrchu a provedení nátěru a specifikovat nátěrový systém. Požadovaný nátěrový systém musí splňovat požadavky předpisů pro ochranu zdraví pracovníků a ochranu životního prostředí.

### 7.9.2 Pozinkování

Není-li v PS stanoveno jinak, musí být veškerý ocelový materiál po dokončení všech výrobních postupů žárově pozinkován ponorem a vyzkoušen v souladu s ČSN EN ISO 1461:2010. Plošná hmotnost povlaku (pokud není stanoveno jinak) musí odpovídat požadavkům ČSN EN ISO 1461:2010.

Před pozinkováním musí být ocelový materiál zbaven všech látek nebo nečistot, které mohou mít nepříznivý vliv na kvalitu dokončeného povlaku. Příprava pro pozinkování a vlastní pozinkování nesmí nepříznivě ovlivnit mechanické vlastnosti pokovovaného materiálu. Všechny šrouby, závitové tyče a matice včetně vnějších závitových částí musí být rovněž žárově pozinkovány (viz ČSN EN ISO 1461:2010).

### 7.9.3 Metalizace žárovým nástřikem

Pokud není v PS stanoveno jinak, musí se příliš velké nebo pro žárové pozinkování ponorem jinak nevhodné části chránit proti korozi nástřikem roztaveného zinku na základní materiál, zhotoveným podle ČSN EN ISO 14713 a v souladu s ČSN EN ISO 2063. Tloušťka zinkové vrstvy musí být alespoň  $80 \mu\text{m}$ . Použije-li se tento systém, je třeba chránit i vnitřní povrchy dutých částí.

### 7.9.4 Nátěr na pozinkovaný povrch ve výrobě (systém Duplex)

Má-li se na žárově pozinkované ocelové konstrukce provést nátěr ve výrobě, musí být proveden co nejdříve.

Nátěrová hmota nesmí podle obecných předpisů pro ochranu zdraví pracovníků obsahovat olovo. Doporučeným materiálem s výbornou přilnavostí k čerstvě pozinkované oceli jsou především jednosložkové materiály na

bázi vinylu nebo akrylových polymerů, ředitelné vodou. Potřebnou ochranu obvykle zajistí jednovrstvý nátěr s tloušťkou 70 µm (v suchém stavu).

Jestliže to požadují technické podmínky dodavatele nátěrové hmoty, musí se pozinkované ocelové části před nátěrem otryskat. Pro dosažení nejlepšího výsledku se musí jako tryskací materiál použít korund nebo granule vysokopevnostní oceli se zrnitostí 0,25 mm až 0,50 mm. Tryskací tlak a vzdálenost se určí tak, aby tloušťka odstraněné vrstvy zinku byla nejvýše 10 µm.

Pozinkovaný povrch všech částí se musí před nátěrem zbavit prachu, oleje a všech cizích látek, včetně všech produktů koroze zinku. Nátěr je nutné provést ihned po úpravě povrchu. Úprava povrchu i vlastní nátěr se musí provádět v krytém prostoru.

Označení všech konstrukčních částí musí po natření zůstat čitelné pro montáž. Spojovací části, jako jsou příložky, není potřebné natírat.

Natřené části musí ještě ve výrobě dobře vyschnout, aby nedošlo k poškození nátěru při dopravě. Aby se předešlo poškození nátěru při dopravě, musí se mezi jednotlivé části konstrukce vložit kusy kartonu, oboustranně pokrytého hliníkovou folií, nebo jiné podobné materiály.

Váha svazku natřených konstrukčních částí se musí určit tak, aby se části uložené vespodu nepoškodily otláčením.

Po smontování podpěrného bodu se musí všechny menší nenatřené části (šrouby, matice, příložky aj.) nebo části s poškozeným nátěrem opatřit nátěrem na staveništi.

### **7.9.5 Dekorativní povrchové úpravy**

Při provádění denního překážkového leteckého značení se musí věnovat pozornost tomu, aby použitý nátěrový systém byl slučitelný s podkladovou povrchovou úpravou. V PS musí být odkaz na kapitolu 6 Leteckého předpisu Ministerstva dopravy L14 - Letiště z r. 2009.

### **7.9.6 Použití ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi**

Použití ocelí se zvýšenou odolností vůči atmosférické korozi vyžaduje speciální návrhové postupy a zkušenosti, podložené zkouškami v měřítku 1 : 1. Tyto oceli se mohou s opatrností použít v oblastech, kde se vyskytuje omezená koroze, protože určitá koroze je nutná pro vznik ochranné vrstvy korozní patiny.

### **7.9.7 Ochrana dřevěných stožárů**

Dřevěné podpěrné body se musí chránit před zhoršením stavu impregnací solí nebo kreosotem nebo jinými schválenými ochrannými látkami proti hnilobě, ptákům a hmyzu. Tato ochrana prodlužuje návrhovou životnost dřeva.

Zvláštní pozornost se musí věnovat vyvrtaným dírám a zářezům, ať jsou zhotoveny před nebo po konzervační impregnaci sloupu.

## **7.10 Vybavení pro údržbu**

### **7.10.1 Výstup na konstrukci**

Vybavení umožňující bezpečný výstup na konstrukci oprávněným osobám se musí zhotovit tak, jak je uvedeno v PS. Tam, kde se to vyžaduje, musí toto vybavení také umožnit výstup pro údržbu vedení pod napětím. Přístup ke konzolám podpěrných bodů musí být přednostně zajištěn pomocí OOPP tak, aby přeneslo požadovanou zátěž. Požadavky na bezpečný výstup se musí zohlednit při návrhu konstrukce.

Podpěrné body musí být po celkové výšce konstrukce vybaveny pevně zabudovanými stupadly pro bezpečný výstup a sestup oprávněných pracovníků.

Pravidla používání výstupové cesty včetně pravidel BOZP stanoví každá společnost svým vnitřním předpisem. Konkrétní požadavky na vybavení konstrukcí pro výstup a sestup musí být uvedeny v PS.

Při návrhu stožárové konstrukce se musí věnovat pozornost požadavku znesnadnit výstup na podpěrný bod nepovolaným osobám tak, že stupadla budou od výšky 2,5 m nad terénem.

### **7.10.2 Udržovatelnost**

Případné požadavky na speciální úchyty nebo otvory pro montáž zařízení pro údržbu musí být uvedeny v PS.

### **7.10.3 Bezpečnostní požadavky**

V PS musí být uvedeny požadavky a metody pro:

- zajištění bezpečnostních informací pro veřejnost;
- zamezení nepovolaným osobám ve výstupu na konstrukci;



- podporu povolaným osobám v bezpečném výkonu jejich činnosti.

#### Připojení uzemňovacích přípojí

Každý podpěrný bod musí konstrukčně umožňovat rozebíratelné připojení uzemňovacích přívodů nad základem. Způsob a provedení může být určeno v PS.

#### Praporce pro zkratovací soupravy:

U ocelových konstrukcí podpěrných bodů lze požadovat v PS osazení speciálních příložek pro připojení zkratovacích souprav. Jejich umístění bude nad každým fázovým vodičem pouze z jedné strany konzol, a to na straně přilehlé k výstupové cestě na konstrukci podpěrného bodu. Speciální příložky nebudou, s ohledem na charakter použití, určeny k ošetření nátěrovým systémem.

#### Bezpečnostní zábradlí:

Pro přemostění velkých mezer v průběhu konzol pro fázové vodiče a na jejich konci lze podpěrné body vybavit jednoduchým zábradlím. To lze osadit pouze z jedné strany konzol (tzn. na straně přilehlé k výstupové cestě na podpěrný bod). Z hlediska únosnosti, musí být zábradlí plnohodnotně dimenzováno na zachycení pádu pracovníka včetně pracovních pomůcek do lezeckého postroje. Na konci konzol bude zábradlí zajištěno proti přetočení (např. vlivem zachycení pádu). Způsob a provedení může být určeno v PS.

### **7.11 Zatěžovací zkoušky**

Zatěžovací zkoušky podpěrných bodů venkovních vedení se musí provádět v souladu s ČSN EN 60652.

### **7.12 Výroba montáž a stavba**

Výroba a dodávka ocelových podpěrných bodů bude provedena dle norem ČSN EN 1090-1 a ČSN EN 1090-2 ve třídě provedení EXC2.

Pro požadavky na jakost svařování je nutné splňovat ČSN EN ISO 3834-2. Dodavatelské organizace musí být dle těchto norem certifikovány.

Pracovní postupy při montáži a stavbě musí být v souladu s minimálními požadavky ČSN EN 1992-1-1:2006, ČSN EN 1993-1-1:2006, ČSN EN 1995-1-1:2006 a ČSN EN 1090-1.

## 8 Základy

### 8.1 Úvod

#### 8.1.1 Obecně

Základy plní úkol přenést zatížení z podpěrného bodu na okolní zeminu a ochránit stožár před kritickým pohybem podloží.

Obecné požadavky ČSN EN 1997-1 a ČSN EN 1997-2 musí být uvažovány.

POZNÁMKA Některé doplňující údaje jsou uvedeny v informativní příloze M této normy.

#### 8.1.2 Specifické vlastnosti základů venkovních elektrických vedení

Článek 8.2 popisuje zásady geotechnického navrhování (kapitola 2 ČSN EN 1997-1:2006). Vzorové modely výpočtů jsou uvedené v příloze M.

Článek 8.3 se zabývá klasifikací zemin a jejich geotechnickými parametry (kapitola 3 ČSN EN 1997-1:2006 a ČSN EN 1997-2:2008).

Články 8.4 a 8.5 se vztahují ke kontrole výstavby, monitoringu a údržbě (kapitola 4 ČSN EN 1997-1:2006) stejně jako zásypy, odvodňování, zlepšováním kvality základové půdy a jejím vyztužováním (kapitola 5 ČSN EN 1997-1:2006).

Podrobné specifikace a další požadavky, které nejsou uvedeny v textu kapitoly, musí být uvedeny v PS.

Základ pro podpěrný bod může být tvořen jedním samostatným základem nebo dělenými základy zvlášť pro každý dřík nebo částí dříku stožáru.

Samostatný základ je zatěžován především klopným momentem, proti němuž působí boční tlak zeminy, a přídavnými smykovými a svislými silami, proti nimž působí vzlak zeminy.

Běžnými typy samostatných základů jsou základy blokové, hřibovité nebo se základovou deskou, roštové, zvonové nebo pilířové a samostatné piloty nebo jejich sestavy.

Pokud má každý nárožník samostatný základ, hlavním zatížením jsou síly působící svisle dolů a nahoru. Proti zdvihu působí vlastní tíha tělesa základu, přitížení zeminou a/nebo smykové síly v zemině. To platí i pro základy kotev. Proti tlakovému zatížení působí únosnost zeminy.

Běžnými typy dělených základů jsou monolitické (stupňové) základy s nebo bez podkopání (hřibovité nebo plošné), vrtané základy s nebo bez rozšířené základny, pilířové nebo zvonové základy, roštové základy a svislé nebo šikmé pilotové základy.

Pro betonové základové konstrukce podpěrných bodů elektrických vedení všech napěťových hladin musí být použit minimálně beton třídy C12/15 podle ČSN EN 206. Třída betonu může být stanovena v PS.

Při navrhování a posuzování únosnosti základů podpěrných bodů elektrického vedení by se mělo uvažovat také s požadavky uvedenými v ČSN EN 1992-1-1:2006 a ČSN EN 1993-1-1:2006.

Při navrhování a realizaci základů podpěrných bodů se musí respektovat všechna ustanovení právních předpisů v platném znění, které se k nim vztahují. Musí se dodržovat požadavky na vzdálenosti nově navrhovaného základu od stávajících podzemních vedení a zařízení.

#### 8.1.3 Ochranná pásma

Navrhování a realizace základů podpěrných bodů musí respektovat požadavky Energetického zákona, související s ochrannými pásmy podzemních vedení nebo podzemních plynárenských zařízení.

#### 8.1.4 Bezpečnost práce

Provádění základů podpěrných bodů elektrického vedení musí probíhat mimo jiné i v souladu se:

Stavebním zákonem 183/2006 Sb.;

Zákoníkem práce 262/2006 Sb.;

Zákonem o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci 309/2006 Sb.;

Nařízením vlády o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na stavebních 591/2006 Sb..

## 8.2 Zásady navrhování geotechnických konstrukcí (ČSN EN 1997-1:2004 – kapitola 2)

### 8.2.1 Obecně

Základy podpěrných bodů pro venkovní vedení dle této normy se považují za základy geotechnické kategorie 2.

2. geotechnická kategorie zahrnuje obvyklé typy konstrukcí a základů s běžným rizikem nebo jednoduchými základovými poměry či zatěžovacími podmínkami.

Návrhy konstrukcí ve 2. geotechnické kategorii zpravidla zahrnují kvantitativní geotechnické údaje a rozbor k ujištění, že jsou splněny základní požadavky.

Pro návrhy podle 2. geotechnické kategorie se mají použít standardní postupy pro terénní a laboratorní zkoušky, jejich návrh a provádění.

Pro geotechnický návrh základu musí být použity v praxi ověřené výpočetní metody, kterými se musí prokázat, že:

- návrhové zatížení základu je menší nebo rovno návrhové únosnosti základu;
- základ zajišťuje stabilitu stožáru.

Není-li v PS stanoveno jinak, navrhuje se základ podpěrného bodu vedení pro zatížení přenášená z podpěrného bodu na základovou půdu a odpovídající silám, které vyplývají z příslušných zatěžovacích stavů a jsou stanoveny individuálně pro každý uvažovaný podpěrný bod podle skutečných podmínek jeho použití.

V PS může být stanoveno, že základy podpěrných bodů musí být navrženy také pro zatížení odpovídající silám, pro které je použita typová konstrukce podpěrného bodu navržena.

### 8.2.2 Geotechnické navrhování výpočtem

#### 8.2.2.1 Výpočtové modely

Výpočetní model se může skládat z kteréhokoliv z následujících modelů:

- analytického modelu;
- semi-empirického modelu;
- numerického modelu.

Výpočetní modely vhodné pro stanovení únosnosti základu jsou ty, které jsou uvedené v příslušných normách, jako je ČSN EN 1997-1:2006, nebo ve všeobecně uznávané odborné literatuře, nebo jsou ověřené praktickými zkušenostmi z provozu elektrických vedení.

Příklady analytických modelů pro výpočet únosnosti proti vytažení jsou uvedeny v příloze M.2 pro:

- betonový stupňový blokový základ se zkosením;
- betonový stupňový blokový základ bez zkosení.

Příklady semi-empirických modelů pro stanovení únosnosti jsou uvedeny v příloze M.3 pro:

- blokový základ, deskový základ;
- roštový základ deskového typu;
- samostatný pilotový základ;
- samostatný stupňový blokový základ;
- vrtané a hloubené základy;
- samostatné roštové základy;
- pilotový základ.

Musí být ověřeno, že nejsou překročeny následující mezní stavy:

- vnitřní porušení nebo nadměrná deformace konstrukce nebo konstrukčních prvků včetně patek, pilot nebo stěn základů, u kterých je pevnost konstrukčních materiálů významná z hlediska únosnosti (STR);
- porušení nebo nadměrná deformace základové půdy, ve které je smyková pevnost zeminy nebo horniny významná z hlediska únosnosti (GEO).

POZNÁMKA 1 Mezní stav GEO je často rozhodující pro určení rozměrů konstrukčních prvků v základech nebo opěrných konstrukcích a někdy pro pevnosti konstrukčních prvků.

Při posuzování mezního stavu porušení nebo nadměrné deformace konstrukčního prvku nebo části základové půdy (STR a GEO), se musí ověřit, že:

$$E_d \leq R_d$$

kde je

$E_d$  návrhová hodnota celkového účinku zatížení na základy (může být vyjádřeno více jednotkami), vyplývající ze zatížení podpěrných bodů definovaných v kapitole 4 a z vlastní tíhy podpěrných bodů. Dílčí součinitele zatížení, závislé na úrovni spolehlivosti jsou již zahrnuty ve výpočtu zatížení podpěrných bodů.

$R_d$  návrhová hodnota mezní únosnosti základu.

Dílčí součinitele se mohou použít buď:

- na únosnosti ( $R$ ):  $R_d = R\{X_k\} / \gamma_R$  (Návrhový přístup 2 podle ČSN EN 1997-1:2006); nebo
- na vlastnosti základové půdy ( $X$ ):  $R_d = R\{X_k / \gamma_M\}$  (Návrhový přístup 3 podle ČSN EN 1997-1:2006)

kde je

$X_k$  charakteristická hodnota vlastnosti materiálu.

Dílčí součinitelé, které mají být použity na vlastnosti základové půdy (nebo charakteristiky zemin) podle návrhového přístupu 3, jsou uvedeny v následující tabulce 8.1:

**Tabulka 8.1 – Dílčí součinitele parametrů zeminy (podle přílohy A ČSN EN 1997-1:2006)**

Parametry zeminy	Značka	Hodnota
Efektivní úhel vnitřního tření*	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Efektivní soudržnost	$\gamma_{c'}$	1,25
Totální (neodvodněná) soudržnost	$\gamma_{cu}$	1,4
Pevnost v prostém tlaku	$\gamma_{qu}$	1,4
Objemová tíha	$\gamma_{\gamma}$	1
* : Tento součinitel se použije pro $\tan \phi'$		

Dílčí součinitele  $\gamma_R$  na únosnosti  $R$  se mohou určit:

- podle přílohy A ČSN EN 1997-1:2006 (pokud je to vhodné),
- pomocí zkoušek nebo výpočtů.

Ve 2. případě lze  $\gamma_R$  stanovit podle přílohy D ČSN EN 1990: 2004 (Navrhování pomocí zkoušek).

POZNÁMKA 2 Příloha M.3 uvádí dílčí součinitele  $\gamma_R$  k některým semi-empirickým modelům pro únosnost zeminy.

Výběr návrhového přístupu a hodnot dílčích součinitelů má být uveden v PS. Není-li v PS uvedeno jinak, použije se doporučený návrhový přístup 2, uvedený v ČSN EN 1997-1:2006. Hodnoty dílčích součinitelů únosnosti  $\gamma_R$  lze určit také pomocí zkoušek nebo výpočtů podle přílohy D ČSN EN 1990:2004.

V PS může být uveden také Návrhový přístup 1, v tomto případě jsou hodnoty dílčích součinitelů zatížení a účinků zatížení uvedeny v příloze A ČSN EN 1997-1:2006.

V PS by měly být uvedeny limitní hodnoty přetvoření základů.

Je možné převzít limitní hodnoty z IEC 60826 nebo z přílohy H ČSN EN 1997-1:2006.

Za výpočetní model běžně navrhovaného stupňového základu je možné uvažovat analytický model. V příloze M jsou uvedeny analytické modely stupňových betonových základů s a bez zešíkmení spodního stupně základu.

POZNÁMKA Pro jednotlivé typy základů mohou být podle ustanovení ČSN EN 1997-1:2006 a ČSN EN 50341-1:2013 na základě odborné literatury nebo praktických zkušeností z provozu elektrických vedení také zvoleny semi-empirické nebo numerické modely.

### 8.2.2.2 Výpočet $\sigma$ (kPa) – návrhové únosnosti základu v tlaku

Pro svislou návrhovou únosnost základu v tlaku  $\sigma$  (kPa) platí:

$$\sigma \geq \sigma_d$$

kde je

$\sigma_d$  (kPa) návrhové extrémní kontaktní napětí v základové spáře.

$\sigma$  návrhová únosnost základu a podle přílohy D ČSN EN 1997-1:2006 je v případě neodvodněných podmínek dána rovnicí:

$$\sigma = (\pi + 2) c_u b_c s_c i_c + q,$$

kde  $c_u$  (kN/m<sup>2</sup>) je totální soudržnost (viz tabulka M.1 v příloze M) a  $q$  (kN/m<sup>2</sup>) je tlak nadloží nebo zatížení v úrovni základové spáry. Pro použité bezdimenzionální součinitele  $b_c$ ,  $s_c$ ,  $i_c$  platí:

– sklon základové spáry  $\alpha$  (°):

$$b_c = 1 - 2 \alpha / (\pi + 2)$$

– tvar základu:

$$s_c = 1,2$$

pro čtvercový nebo kruhový tvar

$$s_c = 1 + 0,2 (b_x' / b_y')$$

pro obdélníkový tvar, kde  $b_x'$  (m),  $b_y'$  (m) jsou rozměry efektivní plochy základu  $A'$  (m<sup>2</sup>) viz odst. 8.2.2.3 a obr. M.4 v příloze M.

– šikmost zatížení způsobená vodorovným zatížením  $H$  (kN):

$$i_c = 1/2 (1 + \sqrt{1 - (H / A' c_u)}),$$

$$\text{kde } H \leq A' c_u$$

Pro odvozené podmínky je návrhová únosnost základu podle přílohy D ČSN EN 1997-1:2006 dána rovnicí:

$$\sigma = c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' b_x' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma,$$

kde  $c'$  (kN/m<sup>2</sup>) je efektivní soudržnost a  $q'$  (kN/m<sup>2</sup>) je návrhový efektivní tlak nadloží v úrovni základové spáry. Pro návrhové hodnoty bezdimenzionálních součinitelů  $N$ ,  $b$ ,  $s$ ,  $i$  s indexy  $c$ ,  $q$ ,  $\gamma$  platí:

– únosnost:

$$N_q = e^{\pi \gamma \phi'} \text{tg}^2 (45^\circ + \phi'/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2 (N_q - 1) \text{tg} \phi'$$

$\delta \geq \phi'/2$  (drsná základová spára;  $\delta$  - úhel tření v základové spáře),

$\phi'$  je efektivní úhel vnitřního tření (viz tabulky M.1, M.2, M.3 v příloze M),

$e$  (m) je excentricita výsledného zatížení s indexy  $x$  a  $y$  (viz článek 8.2.2.3)

– sklon základové spáry:

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \cdot \text{tg} \phi')$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \cdot \text{tg} \phi')^2$$

– tvar základu:

$$s_q = 1 + (b_x' / b_y') \sin \phi' \text{ pro obdélníkový tvar;}$$

$$s_q = 1 + \sin \phi' \text{ pro čtvercový nebo kruhový tvar;}$$

$$s_y = 1 - 0,3 (b_x' / b_y') \quad \text{pro obdélníkový tvar;}$$

$$s_y = 0,7 \quad \text{pro čtvercový nebo kruhový tvar}$$

$$s_c = (s_q N_q - 1) / (N_q - 1) \quad \text{pro obdélníkový, čtvercový nebo kruhový tvar}$$

– šikmost zatížení způsobená vodorovným zatížením  $H$ :

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \operatorname{tg} \phi')$$

$$i_q = [1 - H / (N + A' c' \cotg \phi')]^m$$

$$i_y = [1 - H / (N + A' c' \cotg \phi')]^{m+1}$$

$$m = m_B = [2 + (b_x' / b_y')] / [1 + (b_x' / b_y')] \quad \text{pokud } H \text{ působí ve směru } b_x';$$

$$m = m_L = [2 + (b_y' / b_x')] / [1 + (b_y' / b_x')] \quad \text{pokud } H \text{ působí ve směru } b_y'.$$

V případech, kdy složka vodorovného zatížení působí ve směru svírající úhel  $\theta$  ( $^\circ$ ) se směrem  $b_y'$ , se může  $m$  vypočítat z:

$$m = m_\theta = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta.$$

### 8.2.2.3 Výpočet $\sigma_d$ (kPa) – návrhového extrémního kontaktního napětí v základové spáře

Hodnotu návrhového extrémního kontaktního napětí  $\sigma_d$  v základové spáře lze určit pomocí efektivní plochy základu  $A'$  (viz obrázek M.4 v příloze M) podle následujícího postupu:

$$\sigma_d = (N_d + G_c) / A',$$

kde  $N_d$  (kN) je návrhová svislá síla,  $G_c$  (kN) je celková tíha základu. Pro efektivní plochu základu  $A'$  platí:

$$A' = b_x' b_y'$$

kde  $b_x' = b_x - 2 e_x$ ;  $b_y' = b_y - 2 e_y$ ,

kde pro excentricity zatížení  $e_x$ ,  $e_y$  (m) platí:

$$e_x = (M_{d,y} + H_{d,y} D) / (N_d + G_c)$$

$$e_y = (M_{d,x} + H_{d,x} D) / (N_d + G_c),$$

kde  $M_{d,y}$  a  $M_{d,x}$  jsou návrhové silové momenty,  $H_{d,y}$  a  $H_{d,x}$  jsou návrhové vodorovné síly a  $D$  (m) hloubka základové spáry pod povrchem terénu.

### 8.2.2.4 Sedání základu

Pro výpočet sedání základů podpěrných bodů elektrického vedení se použije výpočtová metoda pomocí edometrického modulu přetvárnosti  $E_{oed}$  v souladu s ČSN EN 1997-1:2006, která dovoluje využít srovnatelnou zkušenost projektanta a tudíž i postup, který je uvedený v již neplatné normě ČSN 73 1001:1988.

Pro vícevrstevnatý geologický profil pod základem pro celkové sedání  $s$  (m) platí (viz čl. 119 v ČSN 73 1001):

$$s = \sum [(\sigma_{zi} - m_i \sigma_{or,i}) h_i / E_{oed,i}] h_i$$

$\sigma_{zi}$  svislé napětí pod základem v  $i$ -té vrstvě

$m_i$  opravný součinitel přitížení pro  $i$ -tou vrstvu

$\sigma_{or,i}$  geostatické napětí v  $i$ -té vrstvě

$h_i$  mocnost  $i$ -té vrstvy

POZNÁMKA Výpočtové postupy pro stanovení hodnot jmenovaných veličin jsou uvedeny v textu neplatné normy ČSN 73 1001:1988 nebo v odborné literatuře (např. Mechanika zemin a zakládání staveb (Lamboj, Štěpánek)).

$E_{oed}$  zemin jednotlivých vrstev geologického profilu se stanoví pomocí  $E_{def}$ , který je jedním z geotechnických parametrů získaných při inženýrsko-geologickém průzkumu, popřípadě je k příslušným zeminám uveden v jedné z tabulek v příloze. Pro  $E_{oed}$  platí:

$$E_{oed} = E_{def} / \beta,$$

kde  $\beta$  je součinitel pro převod hodnoty deformačního modulu  $E_{def}$  na hodnotu edometrického modulu přetvárnosti  $E_{oed}$  a stanoví se podle vztahu:

$$\beta = 1 - (2 \mu^2 / (1 - \mu)), \quad \mu - \text{Poissonovo číslo.}$$

### 8.2.3 Zatěžovací zkoušky a zkoušky na zkušebních modelech

Podrobnosti k přípravě zkoušek, zkušebnímu uspořádání, průběhu zkoušek a jejich vyhodnocení jsou uvedeny v ČSN EN 61773.

### 8.2.4 Pilotové základy

Požadavky a pravidla pro návrh a posouzení pilotových základů jsou uvedeny v kapitole 7 ČSN EN 1997-1:2006 a v navazujících dokumentech.

## 8.3 Geologický průzkum základové půdy a geotechnické údaje (ČSN EN 1997-1:2006 – kapitola 3)

Průzkumy základové půdy se musí provádět do takové hloubky, aby byly prozkoumány všechny vrstvy, které významně ovlivňují stabilitu základu. Při rozhodování o rozsahu a hloubce průzkumu se má přihlížet k již dostupným informacím o skladbě, homogenitě a vlastnostech jednotlivých vrstev. V opodstatněných případech lze další průzkum základové půdy vynechat.

Při plánování geotechnického průzkumu se musí brát v úvahu typ základu a parametry vyžadované pro návrh základů. Při výběru typu základu je nutno také počítat s přirozenými riziky.

Před rozhodnutím o typu základu, jeho tvaru a rozměrech je nutné znát s dostatečnou podrobností strukturu zeminy do hloubky, rovné alespoň účinné šířce základu a v případě pilotového základu do větší hloubky, než je hloubka piloty. V některých případech není takto určená hloubka  $z_a$  dostatečná vzhledem ke tvaru efektivní plochy základu a hodnotě zatížení v místě základové spáry. Potom platí podle přílohy B ČSN EN 1997-2:2008, že pro vysoké konstrukce, za něž se považují stožárové konstrukce navržené pro vedení se jmenovitým napětím 110 kV, 220 kV a 400 kV, má být aplikována jako hodnota  $z_a$  (hloubka pod úrovní základové spáry) vyšší z hodnot

$$z_a \geq 6 \text{ m};$$

$$z_a \geq 3,0 b_x;$$

kde  $b_x$  je šířka základu.

Příloha B ČSN EN 1997-2:2008 připouští u vysokých staveb budovaných na vhodném podloží (většina případů) redukci hloubky geologického průzkumu na  $z_a = 2$  m. Pokud je geologie oblasti nejasná, pak má být alespoň jeden vrt veden do hloubky nejméně  $z_a = 5$  m. Jestliže se v předpokládané hloubce založení vyskytuje skalní podloží, pak má být tato hloubka brána jako referenční hladina pro  $z_a$ . Jinak se hloubka  $z_a$  vztahuje k povrchu skalního podloží.

Nejsou-li k dispozici podrobné informace z geotechnického průzkumu zeminy, lze pro počáteční návrh použít parametry zeminy, které jsou uvedeny v tabulkách M.1, M.2, M.3 a M.4 v příloze M.

## 8.4 Výstavba, montáž a údržba (ČSN EN 1997-1:2004 – kapitola 4)

### 8.4.1 Obecně

Před zahájením stavby by měl být navržen plán rezervních opatření, podle kterého by se postupovalo v případě, že při výkopu budou vlastnosti zeminy nebo její chování mimo přijatelné meze.

Při návrhu základu je nutné brát v úvahu nejmenší povolené vzdálenosti základů podpěrných bodů od kabelů, potrubí a dalších podzemních systémů a jejich ochranná pásma. Umístění základů ve vztahu k podzemním systémům musí respektovat zákony a předpisy pro tyto podzemní systémy.

Konstrukční návrhové parametry musí odpovídat ČSN EN 1992-3:2007.

Způsob spojení betonového základu a podpěrného bodu musí odpovídat požadavkům uvedených v PS.

Pokud není v PS uvedeno jinak, musí být horní hrana nadzemní části betonového základu minimálně 400 mm nad terénem.

Horní část betonového základu (zhlaví základu) může být vyztužena betonářskou ocelí tak, aby se předešlo vzniku trhlin, např. od smršťování a dotvarování betonu.

U běžných základů podpěrných bodů v rámci jednoho stupně základu nesmí vzniknout pracovní spára. Pokud při betonáži základů vznikne pracovní spára (v rámci technologického postupu provádění základu), je nutné tuto pracovní spáru překlenout betonářskou výztuží pro dostatečné spolupůsobení betonu z obou stran pracovní spáry a omezení vzniku trhlin.

Spodní stupně základů mohou být navrženy z prostého betonu, ale jejich výška nesmí být menší než 1,4 násobek vyložení stupně. Toto ustanovení nemusí být dodrženo pouze v případě, je-li výpočtem doložena dostatečná únosnost navrhovaného stupně.

U stupňového základu musí být dodržen požadavek ČSN EN 1992-1-1:2006, konkrétně odst. 12.9.3, pro základy z prostého betonu.

## **8.4.2 Zásady betonáže při různých klimatických podmínkách**

### **8.4.2.1 Obecně**

Optimální teplota pro betonování, a zároveň pro tuhnutí a tvrdnutí betonové směsi je v rozmezí od +15 °C do +25 °C. Pokud jsou teploty mimo uvedený interval, je třeba beton ochránit před rychlým vysušením, před vysokými nebo nízkými teplotami.

### **8.4.2.2 Betonování v letním období**

Při betonování v letních měsících je potřeba zamezit především rychlému odpařování vody z betonu, které způsobuje nejen sluneční žár, ale i teplý vítr. Proto je nutné povrch uložené betonové směsi udržovat vlhký a zamezit odpařování vody z jeho povrchu, a to již během betonáže, zejména betonujeme-li v době, kdy teploty přesahují 30 °C.

Betonové plochy se zakryjí rohoží nasycenou vodou, např. z juty. Prostředky použité na zakrytí se udržují vlhké nebo se chrání PVC fólií před únikem vlhkosti. Tyto metody ochrany betonu jsou vždy nutné během prvních dní po betonáži (cca týden) a v případě nepříznivých povětrnostních podmínek se uvedené ochranné práce prodlužují. V dalších dnech, kdy je povrch dostatečně pevný tak, že nepropouští déšť, stačí beton vlhčit. Doba vlhčení závisí na vlhkosti ovzduší. Při vysokých teplotách (především nad 30 °C) je třeba vlhčit i několikrát denně, nebo plynule postříkovat vodou. Toto opatření se smí použít pouze tehdy, když může být beton plynule a celopovrchově postříkován a je možné zajistit, že nevzniknou vysoké teplotní rozdíly mezi povrchovou plochou betonu a vodou.

### **8.4.2.3 Betonování při teplotách 7 °C až 15 °C**

Při teplotách mezi +7 °C až +15 °C sice beton tuhne a tvrdne, ale je nutné počítat s tím, že beton požadovaných vlastností nedosáhne za 28 dní, ale o něco déle. Proto je nutné dávat pozor na předčasné odbednění konstrukce, kdy beton ještě nemusí mít dostatečnou pevnost. Pevnost betonu se zjistí zkouškou pevnosti betonu.

### **8.4.2.4 Betonování při teplotách kolem bodu mrazu nebo pod bodem mrazu**

Při teplotách pod +7 °C se zastavuje hydratace betonu, neboli proces tuhnutí a tvrdnutí a bez zvláštních opatření nevzrůstá pevnost betonu. Průběh hydratace lze urychlit dávkováním teplé vody do betonu, ne však teploty vyšší než 65 °C. Při této a vyšší teplotě ztrácí cement svou funkci a beton se znehodnotí.

Výhodné je kombinovat pomůcky proti vypařování vody s tepelně izolačními pomůckami. Například skelná vata nebo polystyren se položí bezprostředně na povrch betonu nebo se použijí tak, že zůstane mezi povrchem a izolací vzduchová mezera, přes izolaci se položí geotextilie a přes ni PVC fólie jako ochrana proti vypařování vody a proti dešti, případně proti sněhu.

Při teplotách pod bodem mrazu tuhnutí a tvrdnutí betonu neprobíhá a navíc je tuhnutí betonu ohroženo tvorbou krystalů ledu v betonové směsi. K zamezení tohoto jevu je možné použití syntetických urychlovačů tuhnutí a tvrdnutí betonu, které zajistí chemickým působením rychlou aktivaci hydratačního tepla. Technické listy syntetických urychlovačů musí uvádět minimální teploty, při kterých jsou tyto látky schopny plnit svoji funkci.

Při mrazech je vhodné použití portlandského cementu třídy 42,5 nebo 52,5 s vysokou počáteční pevností, který aktivuje rychlý hydratační proces. Pro zlepšení hydratačního procesu je výhodné i snížení vodního součinitele, čehož se dosáhne použitím plastifikátoru, který zároveň zlepšuje zpracovatelnost betonu. Teplota betonu dopraveného na stavbu musí být min. +7 °C.

### **8.4.2.5 Přísady do betonů**

Kromě výše uvedených přísad se dále používají tekuté přísady, které zpomalují odpařování vody z povrchu betonu a můžou být použity jako alternativa za obvyklé ošetřování vodou. Po nanesení vytváří na povrchu betonu průhledný film, který chrání povrch betonu před nadměrným vysycháním po stanovenou dobu. Po uplynutí stanovené doby se materiály začnou odpařovat. Po odpaření nezůstávají na povrchu betonu žádné stopy.

Zvýšení vodonepropustnosti a odolnosti proti vniknutí dalších látek (nafta, oleje a jejich deriváty, průmyslové chemikálie) zajistí výrobky, které vytváří z běžného betonu trvale účinný nepropustný systém. Nanášejí se celopovrchově na beton, který je nasycený vodou, zbaven všech nečistot a prachu nebo se přidávají přímo do betonové směsi ve výrobě.

### **8.4.2.6 Doba konečné úpravy**

Doba konečné úpravy musí být zvolena tak, aby bylo dosaženo i pod povrchem betonu dostatečného ztvrdnutí. Při určení doby konečné úpravy se musí přihlížet k vlivům, kterým bude beton vystaven během stavby. Potřeb-



ná doba závisí především na složení betonu a vývoji jeho pevnosti, teplotě betonu, okolních podmínkách, jako je relativní vlhkost vzduchu, sluneční záření a rychlost větru a na rozměrech stavebního dílu.

Během doby konečné úpravy by neměla být žádná část betonové plochy chladnější než 0 °C. Níže uvedené doby konečné úpravy se prodlouží při teplotách betonových ploch okolo 0 °C alespoň o tuto dobu.

Tabulka 8.2 obsahuje pro používaná složení betonu hodnoty zpravidla minimálních potřebných dob konečné úpravy vnějších stavebních dílů v závislosti na vývoji pevnosti betonu (rychlý, střední, pomalý) a okolních podmínkách (I, II, III).

Rozhodující pro dobu konečné úpravy jsou okolní podmínky na konci doby konečné úpravy. Uvedené časové intervaly platí pro průměrné teploty betonu a vzduchu nad 10 °C. Při teplotách nižších se doba konečné úpravy zdvojnásobuje. Zkrátí-li se minimální požadovaná doba konečné úpravy, je třeba prokázat, že beton dosáhl v povrchových vrstvách na konci doby konečné úpravy alespoň 50 % požadované jmenovité pevnosti.

**Tabulka 8.2 – Minimální doba konečné úpravy ve dnech (den po 24 hodinách)  
pro vnější stavební díly u teplot betonu nad 10 °C**

stupeň	okolní podmínky	vývoj pevnosti betonu		
		rychlý	střední	pomalý
I.	chráněno před přímým slunečním zářením a působením větru a také průběžná vlhkost vzduchu není pod 80 %	1	2	2
II.	střední sluneční záření a/nebo střední působení větru nebo relativní vlhkost vzduchu neklesne pod 50 %	1	3	4
III.	silné sluneční záření nebo silné působení větru nebo relativní vlhkost vzduchu pod 50 %	2	4	5

Teplota betonových povrchů může doplňkově mít za základ střední teplotu vzduchu jako nepříznivou mezní hodnotu.

Pro zařazení jsou vždy rozhodující tři uvedené nejnepříznivější vlivy.

## 8.5 Zásypy, odvodňování, zlepšení a vyztužení základové půdy (ČSN EN 1997-1:2006 – kapitola 5)

### 8.5.1 Zásypy

Při použití zásypu se musí provést jeho zhutnění, aby se jeho vlastnosti co nejvíce blížily vlastnostem neporušené zeminy.

### 8.5.2 Odvodňování stavební jámy

Existuje více způsobů, jak odvodnit stavební jámu nebo zamezit přítoku podzemní vody do stavební jámy. Výběr způsobu odvodnění stavební jámy ovlivňuje především hodnota přítoku podzemní vody do stavební jámy, druh zeminy v daném místě a hloubka stavební jámy pod hladinou podzemní vody.

Pokud není v PS uvedeno jinak, určí projektant na základě svého odborného odhadu ta místa podpěrných bodů, kde existuje reálné riziko přítomnosti podzemní vody (např. místa podpěrných bodů v blízkosti vodních toků, rybníků či jezer) a zařadí je do skupiny míst s nejasnou geologií. V těchto místech bude proveden inženýrsko-geologický průzkum do hloubky minimálně  $z_a = 5$  m pro případnou nutnost návrhu pilotových základů.

Projektant si může vybrat na základě zjištěné hloubky hladiny podzemní vody a lokálních geomorfologických podmínek jedno z níže doporučených řešení.

#### – povrchové odvodnění stavební jámy

Povrchové odvodnění je považováno za standardní řešení, které se aplikuje ve většině případů s výskytem podzemní vody. Při povrchovém odvodnění stavební jámy se vyvěrající podzemní voda odstraňuje ze dna stavební jámy, popřípadě se provedou obvodové příkopy a jámka, ze které se voda odčerpává mimo staveniště. Existuje široký výběr čerpadel, jejichž kombinací lze docílit vysokého čerpacího objemu ( $m^3/min$ ).

#### – hloubkové odvodnění stavební jámy

Hloubkové odvodnění může fungovat samostatně nebo v kombinaci s povrchovým odvodněním. Princip řešení spočívá v provedení jam, rýh či studní vyšší hloubky než je hloubka stavební jámy pro provedení základu. Podzemní voda se působením gravitace stahuje do hlubších jam a odtud se odčerpává mimo staveniště.

#### – utěsnění základové půdy

Pokud podzemní voda vyvěrá ze dna stavební jámy, jednou z variant řešení je utěsnění základové půdy injektáží. Injektážní hmota se vstříká pod tlakem (0,2 – 2 MPa) do základové půdy tak, aby se jednotlivé injektované

oblasti překrývaly. Způsob injektáže, četnost oblastí a složení injektážní směsi závisí na složení injektované zeminy a návrh injektáže by měl zpracovat projektant se zkušenostmi v oblasti injektování.

#### – utěsnění stavební jámy

V případě extrémní hodnoty přítoku podzemní vody do stavební jámy, kdy nejsou výše uvedená řešení účinná, je jednou z variant utěsnění stavební jámy použití štětovicových stěn, které musí být beraněny až do nepropustného podloží. Stavební jáma se tak utěsní před dalším přítokem podzemní vody, po odčerpání zbylé vody z utěsněné stavební jámy se můžou zahájit práce na základech. Před návrhem použití štětovicových stěn je nutné zvážit jeho ekonomickou výhodnost ve srovnání s provedením pilotového základu, viz níže.

#### – posun základové spáry nad úroveň hladiny podzemní vody a provedení pilotových základů

Další alternativou při extrémní hodnotě přítoku podzemní vody je posun základové spáry základu nad úroveň její hladiny a provedení založení podpěrného bodu na pilotovém nebo mikropilotovém základu.

### 8.5.3 Zpevnění základové půdy

Důvodem ke zlepšení vlastností základové půdy může být požadavek na vyšší smykovou pevnost základové zeminy, zmenšení deformací zeminy vlivem sedání nebo snížení její propustnosti viz článek 8.5.2.

#### – provedení štěrkopískového polštáře

Základová zemina, která nemá vlastnosti požadované návrhem základu, se odtěží a nahradí se štěrkopískovým polštářem. Kvalita štěrkopískového polštáře je podmíněna především jeho kvalitním zhutněním, jeho použitím se zvyšuje smyková pevnost základové zeminy a díky své porézности také působí jako drenážní vrstva.

#### – termické zpevňování podloží

Termické zpevňování podloží, tzv. vypalování půdy, se aplikuje v případě, kdy je třeba vylepšit vlastnosti soudržných zemin, především se trvale odstraní jejich plasticita a rozbředavost. Princip termického zpevňování spočívá na fyzikálně mechanických přeměnách vlastností a složení zemin po jejich zahřátí horkými plyny (600 °C – 800 °C). Vypalování půdy se provádí prostřednictvím vrtů vedených různými směry, do kterých se vhání horké plyny.

#### – injektování podloží

Viz článek 8.5.2 (utěsnění základové půdy).

#### – vyztužování zeminy

Pro vyztužování zeminy se používají speciální rohože z hliníku, oceli nebo různých druhů umělých hmot, běžně se používají také geotextilie. Vyztužováním lze zvýšit smykovou pevnost základového podloží, stabilitu podloží a zároveň snížit účinky sedání.

Kromě výše uvedených způsobů zpevňování základové půdy existují další varianty pro vylepšení vlastností zemin např. stabilizace kvalitnější zeminou, cementem, asfaltem a dalšími materiály, provedení stabilizace štěrkopískovými pilotami.

### 8.6 Interakce mezi konstrukcí základu a zeminou podloží

Zvláštní pozornost se musí věnovat interakci:

- zatížení od podpěrného bodu;
- zatížení od aktivního zemního tlaku zeminy a od vlastní tíhy konstrukce základu a zeminy;
- účinků působení podzemní vody na zeminu a konstrukci základu. Ty spolu s reakcemi vrstev zemin musí být uvažovány při návrhu a posouzení konstrukce základu.

Stejně tak mezní hodnoty pro:

- přípustné / nepřípustné sedání základu včetně nerovnoměrného sedání;
- vynucené deformace podpěrného bodu nebo prvků podpěrného bodu;
- naklonění podpěrného bodu (zejména rohových a koncových podpěrných bodů)

musí být definovány a při návrhu a posouzení základu uvažovány.

## 9 Vodiče a zemnicí lana

### 9.1 Úvod

Tato kapitola stanoví požadavky pro vodiče a zemnicí lana s nebo bez telekomunikačních obvodů, které jsou upevněny k podpěrným bodům venkovních vedení.

Vodiče a zemnicí lana musí být navrženy, vybrány a zkoušeny tak, aby vyhověly elektrickým, mechanickým a telekomunikačním požadavkům, definovaným návrhovými parametry vedení. Pozornost musí být také věnována nezbytné ochraně proti únavě způsobené vibracemi. Návrhová životnost může být předmětem dohody mezi dodavatelem a zákazníkem.

V následujících kapitolách termín "vodič" zahrnuje "zemnicí lana" a kde je to vhodné, vodiče a zemnicí lana s telekomunikačními obvody.

#### Požadavky na ostatní telekomunikační kabely

Tato norma se vztahuje na fázové vodiče a zemnicí lana s optickými vlákny nebo bez nich. Nevztahuje se na jiné typy telekomunikačních kabelů, používané na elektrických venkovních vedeních (například na optické kabely, ovinuté nebo zavěšené na zemnicích lanech, na samonosné dielektrické optické kabely apod.). Nicméně požadavky této normy musí být aplikovány i na tyto telekomunikační kabely všude tam, kde je to možné (např. požadavky na zatížení, vnější vzdálenosti apod.).

### 9.2 Vodiče na bázi hliníku

#### 9.2.1 Vlastnosti a rozměry

Vodiče musí být vyrobeny z kruhových nebo tvarovaných drátů z hliníku nebo hliníkové slitiny a mohou pro zesílení obsahovat dráty z pozinkované oceli nebo hliníkem potažené ocelové dráty. Zemnicí lana musí být navržena podle stejných norem jako fázové vodiče.

Homogenní vodiče z kruhových nebo tvarovaných drátů, jak z hliníku (AL1), tak ze slitiny hliníku (ALx), a kombinované vodiče z kruhových nebo tvarovaných drátů z hliníku nebo ze slitiny hliníku zesílené ocelí (AL1/STyz nebo ALx/STyz), z hliníku nebo ze slitiny hliníku zesílené hliníkem potaženou ocelí (AL1/yzSA nebo ALx/yzSA) a hliníkové vodiče zesílené hliníkovou slitinou (AL1/ALx) musí být navrženy v souladu s ČSN EN 50182, ČSN EN 62004 případně s ČSN EN 62219.

Pro vodiče s průřezem hliníkové plochy nad 50 mm<sup>2</sup> se doporučuje, aby průměr kruhových drátů vnější vrstvy nebyl menší než 2,33 mm.

Specifikace materiálů pro dráty používané v těchto vodičích musí být v souladu s ČSN EN 50183, ČSN EN 50189, ČSN IEC 889 (EN 60889), ČSN EN 61232 a ČSN EN 62004. Konstrukční uspořádání musí být uvedené v PS nebo dohodnuté mezi zákazníkem a dodavatelem.

V některých projektech mohou být použity typy vodičů nebo materiálů, které nejsou zahrnuty ve stávajících normách EN. V takových případech, a při neexistenci konečných norem, musí PS určit všechny požadované vlastnosti spolu s příslušnými metodami zkoušek, s odkazem v případě potřeby na EN normy.

Pokud jsou použity materiály, které se liší od těch, které jsou ve zmíněných normách, musí být ověřeny jejich vlastnosti a jejich vhodnost pro každou jednotlivou aplikaci, jak je uvedeno v této normě nebo v PS.

Návrh vodiče, včetně jeho konstrukce a vlastností materiálů, musí brát v úvahu vliv trvalého prodloužení (dlouhodobého tečení) na průhyb vodiče.

**POZNÁMKA** Pokyny pro metody projekčního výpočtu, včetně posouzení tečení vodiče a další vlastnosti lze nalézt např. v IEC/TR 61597 a ČSN EN 61395. Blíže viz 9.6.4.

#### Požadavky na vodiče s duší ze speciálních materiálů a jiných speciálních vodičů

Požadavky, uvedené v článku 9.2.1 výše, platí přiměřeně i pro vodiče s duší ze speciálních materiálů (např. vodiče s duší z kompozitních materiálů ACCC, ACCR apod.).

V případě použití speciálních vodičů, neuvedených v předpisech, citovaných v článku 9.2.1 výše, musí být jejich vlastnosti stanoveny v PS. PS musí stanovit rozměry a vlastnosti vodiče a musí stanovit vztah mezi uvedenými charakteristikami vodiče a charakteristikami, stanovenými podle ČSN EN 50182.

#### 9.2.2 Elektrické požadavky

Odpor hliníkového drátu nebo drátu ze slitiny hliníku musí být vybrán z hodnot uvedených v ČSN EN 50183, ČSN IEC 889 (EN 60889), ČSN EN 62004 a ČSN EN 62219. Stejnoseměrný odpor vodičů při 20 °C se vypočítá podle zásad uvedených v ČSN EN 50182.

Odpory preferované řady vodičů z drátů kruhového průřezu jsou uvedeny v ČSN EN 50182.

Pro vodiče s různými profily drátu se odpor vypočítá z odporu drátu, průřezové plochy a parametru stáčení vodiče.

Přenosová proudová zatížitelnost a vlastnosti/chování při zkratových podmínkách, zejména vliv na pevnost, musí být prověřena s požadavky PS. Pozornost musí být rovněž věnována očekávané úrovni radiového rušení a úrovni akustického hluku vodičů pro vyšší napěťové hladiny v porovnání s požadavky PS (viz 5.10.1 a 5.10.2).

### Podmínky pro stanovení nejvyšší návrhové teploty fázových vodičů

Nejvyšší návrhová teplota fázových vodičů pro kontrolu nejkratších vzdáleností musí být uvedena v PS.

Nedoporučuje se volit nejvyšší návrhovou teplotu vodičů menší než 70 °C.

Při stanovení nejvyšší návrhové teploty se obvykle uvažují tyto podmínky:

- proud ve fázi nebo dílčím vodiči svazku;
- teplota okolí +35 °C;
- rychlost větru 0,5 m/s pod úhlem náběhu 45° na vodič;
- globální intenzita slunečního záření 1 000 W/m<sup>2</sup>;
- součinitel absorpce 0,5;
- součinitel emisivity 0,5.

Při výpočtu nejvyšší návrhové teploty vodiče lze uvažovat podmínky přísnější nebo alternativně uvažovat i jiné hodnoty součinitelů absorpce a emisivity. Musí se vzít v úvahu též zvýšené oteplení vodiče střídavým proudem. Podmínky musí být stanovené v PS.

**POZNÁMKA 1** Výpočet teploty vodiče za různých podmínek lze provádět např. podle Technické brožury CIGRÉ č. 601 Návod pro výpočty tepelného dimenzování nadzemních vedení (*Guide for thermal rating calculations of overhead lines*).

**POZNÁMKA 2** Při určování nejvyšší návrhové teploty vodičů je třeba uvažovat s možným rozvojem využití vedení alespoň v průběhu návrhové doby života vedení. U vedení, u nichž je průřez fázových vodičů určený především nejvyšším přenášeným proudem (tj. tepelnými hledisky), se proto nedoporučuje volit nejvyšší návrhovou teplotu vodičů menší než +70 °C.

## 9.2.3 Provozní teploty vodiče a vlastnosti maziva

### Nejvyšší přípustné teploty

Nejvyšší návrhová teplota vodičů zatížených tahem, vyrobených podle ČSN EN 50182 nebo podle ČSN EN 62219, nesmí být při normálním proudovém zatížení vyšší než 80 °C.

Nejvyšší teplota vodičů na bázi hliníku při krátkodobém přetížení následkem poruchy v elektrizační soustavě nesmí být vyšší než 200 °C. PS může předepsat teplotu nižší a/nebo může předepsat další požadavky. Při výpočtu teploty vodiče při poruše nebo zkratu se za výchozí teplotu vodiče považuje +40 °C. PS musí předepsat hodnoty poruchových proudů a doby trvání poruchy (včetně způsobu zohlednění systému opětného zapínání), které musí být uvažovány při tepelném dimenzování vodiče.

Umožňují-li speciální slitiny a/nebo konstrukce vodiče vyšší provozní teploty, musí být nejvyšší přípustné provozní teploty stanoveny v PS. Tyto teploty mohou být vyšší než teploty uvedené v článku 9.2.3 výše.

PS může předepsat nejvyšší krátkodobou teplotu vodičů na bázi hliníku při zvláštním zatížení vedení nad běžnou úroveň. Tato teplota však nesmí zhoršovat vlastnosti vodiče (mechanické a elektrické). Podmínky musí být stanovené v PS.

Při výpočtu teploty vodiče při poruše nebo zkratu lze uvažovat i s tepelnou kapacitou jádra vodiče.

Informace o výpočtu nárůstu teploty v důsledku zkratových proudů jsou uvedeny v ČSN EN 60865-1 nebo v CIGRE technické brožure č. 601 Návod pro výpočty tepelného dimenzování nadzemních vedení (*Guide for thermal rating calculations of overhead lines*) nebo ve standardu IEEE č. 738-2012 (IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors (*Výpočty závislosti proud-teplota pro holé venkovní vodiče*)). Alternativně a za vhodných opatření se může skutečná teplota v důsledku zkratových proudů měřit během zkoušky.

Je-li pro ochranu proti korozi předepsáno použití maziva, musí PS stanovit vlastnosti maziva tak, aby splňovalo požadavky ČSN EN 50326 v celém rozsahu teplot od –30 °C do nejvyšší teploty vodiče při normálním zatížení, případně do nejvyšší krátkodobé teploty vodiče při zvláštním zatížení nad běžnou úroveň a při krátkodobém

přetížení následkem poruchy v elektrizační soustavě. PS musí určit vlastnosti maziva vodiče tak, aby byla možná maximální teplota vodiče při běžném provozu a v průběhu krátkodobého přetížení doprovázejícího poruchu sítě. K dispozici jsou maziva obsahující mýdlové přísady a maziva bez mýdla. Tyto dva typy maziv mají různé vlastnosti, z nichž nejdůležitější jsou bod odloučení oleje a bod skápnutí. V případě maziv bez mýdla bod skápnutí nemusí bezpodmínečně překročit 100 °C.

Není-li v PS stanoveno jinak, lze použít u konvenčních vodičů mazivo s označením 30B120 podle ČSN EN 50326.

**POZNÁMKA** Typ maziva B = mazivo aplikované za tepla (složení: vazelína z ropy, vosky a malá množství minerálních olejů a organických přísad); 30 = nejnižší teplota v °C pod bodem mrazu (tj. -30 °C), při které se požaduje provedení zkoušek, uvedených v ČSN EN 50326; 120 = nejvyšší teplota v °C (tj. 120°C), při které se požaduje provedení zkoušek, uvedených v ČSN EN 50326.

Běžně používaná maziva v některých zemích: Německo: 30B120, Francie: 20B105, Švédsko: 20A225, Velká Británie: 20B125, 20A125, 20A150.

#### 9.2.4 Mechanické požadavky

Jmenovitá pevnost (RTS) vodičů na bázi hliníku, vypočtená v souladu s ČSN EN 50182, musí být dostatečná pro splnění požadavků zatížení, stanovených v kapitole 4 ve spojitosti s dílčími součiniteli pro vodiče uvedenými v 9.6.2.

Pokud je to nezbytné, musí být maximální dovolené zatížení vodiče v tahu uvedeno v PS.

Mechanické požadavky na vodiče s duší ze zvláštních materiálů a na jiné zvláštní vodiče musí být uvedeny v PS.

#### Ochrana proti účinkům větrem buzených vibrací

PS musí předepsat, zda a jakým způsobem mají být vodiče chráněny proti poškození v důsledku větrem buzených vibrací. Omezení účinků škodlivých vibrací se provádí omezením tahu vodičů v závislosti na použití tlumičů vibrací nebo tlumících distančních rozpěrek a na použití pasivní ochrany vodičů.

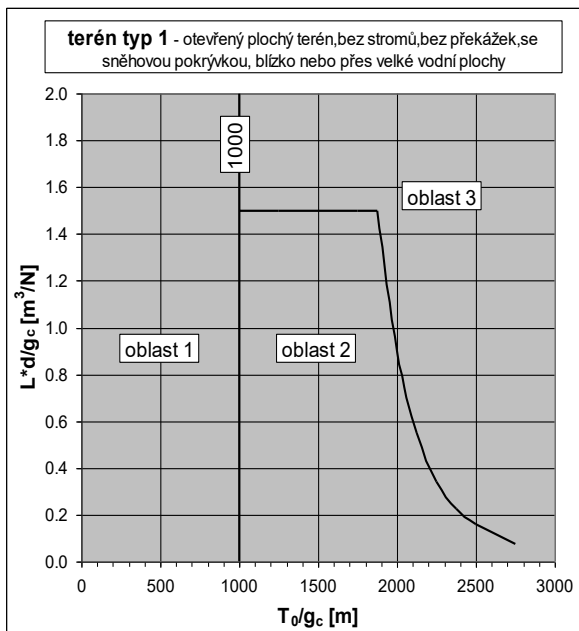
**POZNÁMKA** Informace o doporučených omezeních tahu jednoduchých vodičů standardní konstrukce i svazkových vodičů pro různá uspořádání svazku a pro různé způsoby ochrany proti vibracím lze nalézt v Technické brožuře CIGRÉ č. 273 Bezpečný návrhový tah venkovních vodičů s ohledem na větrem buzené vibrace (*Overhead Conductor Safe Design Tension with Respect to Aeolian Vibrations*). Rovněž platí doporučení uvedená v IEC 60826.

#### Ochrana jednoduchých vodičů proti účinkům větrem buzených vibrací

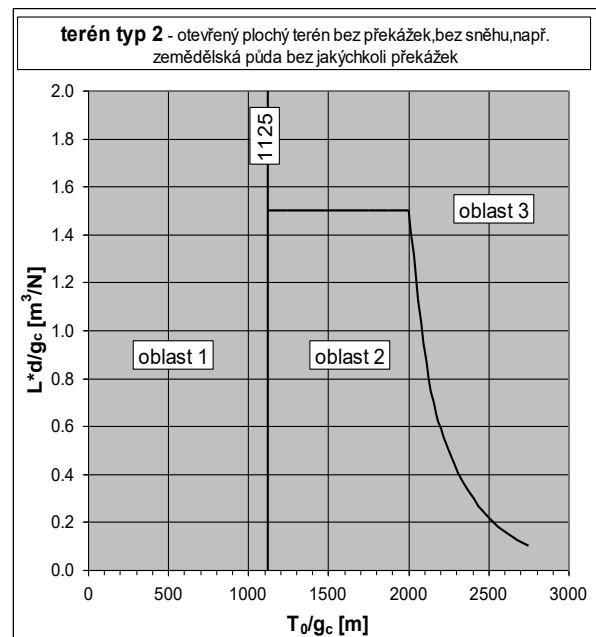
Není-li v PS uvedeno jinak, hodnota počátečního parametru řetězovky vodiče  $C = T_0/g_c$  při průměrné teplotě v nejstudenějším měsíci v roce nesmí překročit limitní hodnotu bezpečné oblasti 1 podle obrázků 9.1 až 9.4 v příslušném typu terénu pro vodič nechráněný tlumiči vibrací a limitní hodnotu bezpečné oblasti 2 pro vodič chráněný tlumiči vibrací.

Legenda k obrázkům 9.1 až 9.4:

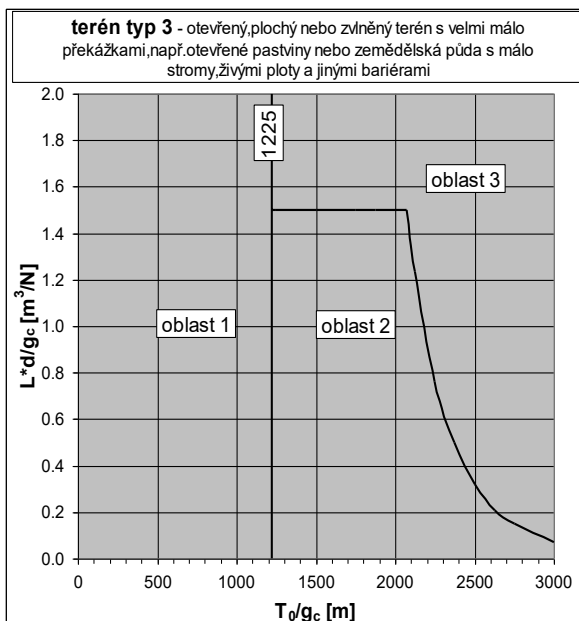
$T_0$ (N)	horizontální složka tahu ve vodiči při střední teplotě v nejchladnějším měsíci v roce. Pokud není v PS uvedeno jinak, lze za střední teplotu v nejchladnějším měsíci v roce uvažovat -5 °C.
$g_c$ (N/m)	tíha vodiče na jednotku délky
$L$ (m)	rozpětí mezi stožáry
$d$ (m)	průměr vodiče



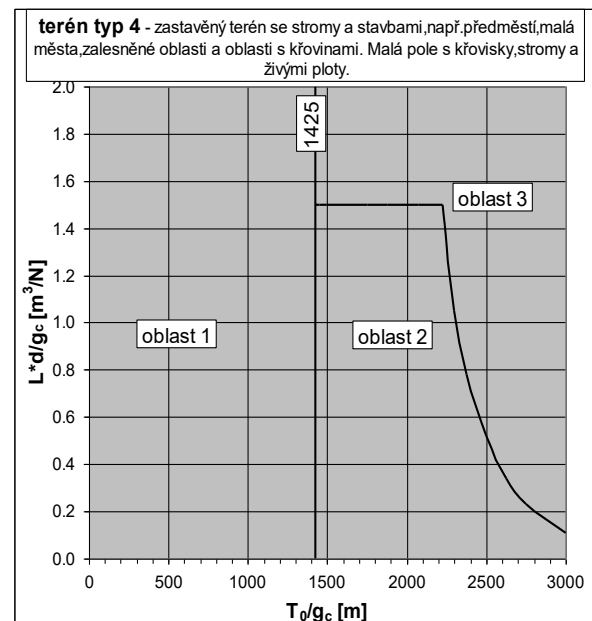
Obrázek 9.1 – Oblasti v terénu typu 1



Obrázek 9.2 – Oblasti v terénu typu 2



Obrázek 9.3 – Oblasti v terénu typu 3



Obrázek 9.4 – Oblasti v terénu typu 4

Vysvětlivky k oblastem 1, 2, 3:

Bezpečná oblast 1: Spadá-li hodnota parametru řetězky vodiče  $C = T_0/g_c$  do oblasti 1 v obrázku pro příslušný typ terénu, není třeba vodič chránit tlumiči vibrací.

Bezpečná oblast 2: Spadá-li hodnota parametru řetězky vodiče  $C = T_0/g_c$  do oblasti 2 v obrázku pro příslušný typ terénu, je ochrana vodiče proveditelná s použitím jednoho nebo více tlumičů vibrací Stockbridge (nebo jiných vhodných tlumičů vibrací) na koncích rozpětí. Vibrace nejsou v mezích oblasti 2 důvodem pro omezení tahu vodiče.

Oblast zvláštních aplikací 3: Spadá-li hodnota parametru řetězky vodiče  $C = T_0/g_c$  do oblasti 3 v obrázku pro příslušný typ terénu, jsou vibrace pro volbu tahu vodiče omezující a standardní ochrana tlumiči vibrací na koncích rozpětí může být nedostatečná. V takovém případě se musí předem ověřit dostupnost odpovídající ochrany proti vibracím.

Uvedená doporučení platí pro konvenční soustředně slané vodiče s kruhovými dráty z hliníku AL1 a jeho slitin AL2-AL7 (dřívější označení ASC, AAC nebo AAAC), pro hliníkové vodiče s dušičkou ze slitiny hliníku AL1/AL2-AL7 (dřívější označení ACAR), hliníkové vodiče s dušičkou z ocelových pozinkovaných nebo pohliníkových drátů AL1/STyz a AL1/yzSA (dřívější označení ACSR nebo ACSR/AS) a lze je s opatrností použít i pro vodiče ze

slitiny hliníku s duší z ocelových pozinkovaných nebo pohliníkových drátů AL2-AL7/STyz a AL2-AL7/yzSA (dřívější označení AACSR nebo AACSR/AS), u kterých se může předpokládat nižší odolnost vůči účinkům vibrační a doporučuje se použití spirálových nosných svorek.

**POZNÁMKA** U vedení s krátkými rozpětími je třeba vzít v úvahu, že větší tah vodiče, resp. vyšší parametr řetězovky významně nepřispívá ke snížení průhybu a zvyšuje zatížení kotevních podpěrných bodů, a proto se doporučuje u těchto vedení volit nižší hodnotu parametru, než vyplývá z výše uvedených omezení. Informace jsou uvedeny v IEC 60826.

PS může předepsat jiná kritéria posouzení nebezpečí vibrační vodičů, např. s přihlédnutím k výskytu častého silného větru typického směru v oblasti, praktických zkušeností apod.

### **Ochrana svazkových vodičů proti účinkům větrem buzených vibrací**

Svazkové vodiče reagují méně na buzení vibrací větrem, amplitudy vibrací jsou u svazkových vodičů menší než u stejných jednoduchých vodičů při stejném tahu. Proto lze u svazkových vodičů volit vyšší tahy než u jednoduchých vodičů při srovnatelném způsobu ochrany proti vibracím. Doporučení ohledně bezpečných tahů svazkových vodičů pro různá uspořádání svazku a pro různé způsoby ochrany proti vibracím lze nalézt v Technické brožůře CIGRÉ č. 273 Bezpečný návrhový tah vodičů nadzemních vedení s ohledem na větrem buzené vibrace (*Overhead conductor safe design tension with respect to aeolian vibrations*).

Není-li v PS uvedeno jinak, musí být hodnota počátečního parametru řetězovky svazkového vodiče  $C = T_0/g_c$ , složeného ze tří dílčích vodičů a vybaveného tlumícími distančními rozpěrkami, při průměrné teplotě v nejtudenějším měsíci v roce nižší než 2 500 m.

**POZNÁMKA** Hodnota parametru  $C < 2\,500$  m je uvedena v TB č. 273 pro trojsvazek s tlumícími distančními rozpěrkami. V IEC 60826 je uvedeno doporučení, aby počáteční parametr řetězovky svazkového vodiče nebyl vyšší než 2 200 m, pokud vibrační studie nebo experimentální výsledky nepotvrdí možnost zvýšení této hodnoty.

### **Zvláštní ochrana**

Zvláštní pozornost ochraně proti vibracím (včetně nízkofrekvenčních vibrací, oscilací v dílčích rozpětích mezi distančními rozpěrkami, rozdílné kmitání v sousedních rozpětích) je nutné věnovat vedením v blízkosti např. větrných elektráren.

#### **9.2.5 Ochrana proti korozi**

Odběratel a dodavatel se musí dohodnout na požadavku na ochranu vodičů na bázi hliníku proti korozi, která může zahrnovat mazivo a/nebo zinkování, nebo opláštění hliníkem. Požadavky na povrchové úpravy nebo opláštění ocelových drátů zinkem nebo hliníkem musí být určeny v PS s odkazem na ČSN EN 50189, případně na ČSN EN 61232, jak je to příslušné. PS musí stanovit, zda bude vodič chráněn proti korozi mazáním, v jakém rozsahu (výběrem jedné z možností, uvedených v příloze B ČSN EN 50182) a jakým typem maziva (označením podle ČSN EN 50326). Mazivo nesmí být aplikováno ve vnější vrstvě drátů vodiče. Vlastnosti maziva nesmí umožňovat jeho migraci na povrch vodiče během životnosti vodiče.

Není-li v PS stanoveno jinak, má se u konvenčních vodičů typu ALx/STyz duše lana (případ 1 podle přílohy B ČSN EN 50182).

#### **9.2.6 Požadavky na zkoušky**

Zkušební požadavky na vodiče na bázi hliníku jsou uvedeny v normě ČSN EN 50182.

PS může rovněž stanovit požadavky na zkoušky tečení vodiče nebo zkoušku modulu pružnosti.

### **Zvláštní zkoušky**

PS může předepsat provedení zvláštních zkoušek.

Je-li vodič v PS specifikován podle jiné normy než podle ČSN EN 50182, PS musí stanovit všechny požadované vlastnosti vodiče spolu s odpovídajícími zkušebními postupy s odkazem na vhodné evropské, mezinárodní nebo národní normy.

## **9.3 Vodiče na bázi oceli**

### **9.3.1 Vlastnosti a rozměry**

Informace týkající se konstrukčních metod jsou uvedeny v ČSN EN 50182. Materiálové vlastnosti pro pozinkované ocelové dráty jsou uvedeny v ČSN EN 50189 a pro hliníkem potažené ocelové dráty v ČSN EN 61232.

**POZNÁMKA** Viz také 9.2.1.

### **Charakteristiky a rozměry zvláštních vodičů**

Vlastnosti a rozměry zvláštních vodičů musí být uvedeny v PS.

## Specifikace vodiče

U homogenních vodičů z ocelových drátů pokrytých hliníkem PS předepíše typ vodiče podle ČSN EN 50182.

Homogenní vodiče z ocelových pozinkovaných drátů musí být vyrobeny z drátů podle ČSN EN 50189. PS může předepsat rozměry a vlastnosti vodiče s odkazem na národní normy, musí však stanovit vztah mezi charakteristikami vodiče, stanovenými podle normy, podle které je vodič specifikován, a vlastnostmi, stanovenými podle ČSN EN 50182.

Pro ocelová lana např. dle ČSN 02 4305 musí PS stanovit vztah mezi vlastnostmi podle ČSN 02 4305 a vlastnostmi podle ČSN EN 50182.

### 9.3.2 Elektrické požadavky

Odpor pozinkovaných ocelových drátů pro účely výpočtu je uvedený v ČSN EN 50189 a pro hliníkem potažené ocelové dráty v ČSN EN 61232. Stejnoseměrný odpor vodiče při 20 °C se vypočítá podle zásad normy ČSN EN 50182.

POZNÁMKA Viz také 9.2.2 ve vztahu k proudové zatížitelnosti, chování při zkratu a úrovni radiového rušení, je-li to pro návrh vodiče důležité.

### Použití vodičů na bázi oceli

Použití homogenních vodičů na bázi oceli ve funkci fázových vodičů se nepředpokládá. Pokud by měl být homogenní vodič typu yzSA použit jako fázový vodič, platí příslušná ustanovení 9.2.2.

### 9.3.3 Provozní teploty vodiče a vlastnosti maziva

PS musí určit vlastnosti maziva vodiče s přihlédnutím k provozním teplotám.

#### Nejvyšší přípustné teploty

Nejvyšší návrhová teplota homogenních vodičů yzSA podle ČSN EN 50182 zatížených tahem nesmí být při normálním proudovém zatížení vyšší než 80 °C.

Nejvyšší teplota vodičů na bázi oceli zatížených tahem při poruše nebo zkratu nesmí být vyšší než 300 °C. PS může předepsat teplotu nižší a/nebo může předepsat další požadavky. Při výpočtu teploty vodiče při poruše nebo zkratu se za výchozí teplotu vodiče považuje +40 °C. PS musí předepsat hodnoty poruchových proudů a doby trvání poruchy (včetně způsobu zohlednění systému opětovného zapínání), které musí být uvažovány při tepelném dimenzování vodiče.

Při výpočtu teploty vodiče yzSA lze počítat s tepelnou kapacitou i s vodivostí ocelového průřezu vodiče.

Umožňují-li materiály a/nebo konstrukce vodiče vyšší provozní teploty, musí být nejvyšší přípustné provozní teploty stanoveny v PS. Tyto teploty mohou být vyšší než teploty uvedené v článku 9.3.3 výše.

PS může předepsat nejvyšší krátkodobou teplotu vodičů na bázi oceli při zvláštním zatížení vedení nad běžnou úroveň. Tato teplota však nesmí zhoršovat vlastnosti vodiče (mechanické a elektrické). Podmínky musí být stanovené v PS.

POZNÁMKA Viz také 9.2.3.

### 9.3.4 Mechanické požadavky

Jmenovitá pevnost (RTS) vodičů na bázi oceli, vypočtená v souladu s principy, uvedenými v ČSN EN 50182 nebo v příslušných národních normách, musí být dostačující pro splnění požadavků zatížení, stanovených v kapitole 4 ve spojitosti s dílčími součiniteli pro vodiče uvedenými v 9.6.2.

Pokud je to nezbytné, musí být maximální dovolené zatížení vodiče v tahu uvedeno v PS.

#### Ochrana proti účinkům větrem buzených vibrací

PS musí předepsat, zda a jakým způsobem mají být vodiče chráněny proti poškození v důsledku větrem buzených vibrací.

Doporučuje se, aby horizontální složka tahu  $T_0$  nechráněného jednoduchého vodiče (bez tlumičů vibrací, nosné svorky bez ochranných spirál) při střední roční teplotě nepřesáhla hodnotu 11 % jmenovité pevnosti vodiče v tahu (RTS), použijí-li se pevné svorky, a 13 % jmenovité pevnosti vodiče v tahu vodiče, použijí-li se výkyvné svorky. Pokud není v PS uvedeno jinak, lze za střední roční teplotu uvažovat teplotu +10 °C. Při vyšších hodnotách tahu vodiče při střední roční teplotě se doporučuje chránit vodiče tlumiči vibrací vhodné konstrukce. PS může předepsat jinou hodnotu horizontální složky tahu  $T_0$  nebo jiná kritéria pro posouzení nebezpečí poškození vodičů vibracemi.



U homogenních vodičů z ocelových pozinkovaných drátů se výše uvedené doporučené maximální hodnoty horizontální složky tahu vodiče při střední roční teplotě vztahují na vodič z drátů ST1A. Jestliže je vodič vyroben z drátů o vyšší pevnosti (např. ST4A, ST5E, ST6C), nemá být hodnota horizontální složky tahu nechráněného vodiče při střední roční teplotě vyšší než hodnota, doporučená pro vodič z drátů ST1A.

### 9.3.5 Ochrana proti korozi

Odběratel a dodavatel se musí dohodnout na požadavku na ochranu vodičů na bázi oceli proti korozi, která může zahrnovat mazivo a/nebo zinkování, nebo opláštění hliníkem. Požadavky na povrchovou úpravu nebo opláštění ocelových drátů zinkem nebo hliníkem musí být určeny v PS s odkazem na ČSN EN 50189, případně na ČSN EN 61232, jak je to příslušné.

Pokud se používá mazivo, musí být v souladu s požadavky ČSN EN 50326. Mazivo nesmí být aplikováno ve vnější vrstvě drátů vodiče a vlastnosti maziva nesmí umožňovat jeho migraci na povrch vodiče během životnosti vodiče.

PS musí stanovit, zda bude vodič chráněn proti korozi mazáním, v jakém rozsahu (výběrem jedné z možností, uvedených v příloze B ČSN EN 50182) a jakým typem maziva (označením podle ČSN EN 50326).

### 9.3.6 Požadavky na zkoušky

Vodiče na bázi oceli musí být zkoušeny podle příslušných požadavků ČSN EN 50182, ČSN EN 50189 a ČSN EN 61232.

#### Zvláštní zkoušky

PS může předepsat provedení zvláštních zkoušek.

Je-li vodič v PS specifikován podle národní normy, mohou se zkoušky provádět podle této příslušné normy.

Je-li vodič v PS specifikován podle jiné normy než podle ČSN EN 50182, PS musí stanovit všechny požadované vlastnosti vodiče spolu s odpovídajícími zkušebními postupy s odkazem na vhodné evropské, mezinárodní nebo národní normy.

### 9.4 Vodiče na bázi mědi

Vodiče jsou obvykle zhotoveny z kruhových drátů z mědi nebo slitin mědi dle příslušných národních norem, při neexistenci jakýchkoliv stávajících mezinárodních norem. V případě potřeby musí být požadavky specifikovány v PS.

#### Vlastnosti a rozměry

Požadavky na rozměry a vlastnosti vodiče musí být stanoveny v PS, případně s odkazem na existující národní normy jiných zemí.

### 9.5 Vodiče a zemnicí lana obsahující optická vlákna telekomunikačních obvodů

#### 9.5.1 Vlastnosti a rozměry

Charakteristiky a rozměry vodičů s optickými telekomunikačními vlákny OPCON, OPWG a dalších vodičů s telekomunikačními vlákny musí být uvedeny v PS ve vazbě na ČSN EN 60794-4.

POZNÁMKA Elektrické, mechanické a fyzikální požadavky a zkušební metody pro OPGW jsou uvedeny v ČSN EN 60794-4-10.

Odkazy na optické kabely musí být směřovány na ČSN EN 60794-1-1, ČSN EN 60794-1-2 a ČSN EN 60794-4-10 a požadavky na vodiče na ČSN EN 50182.

Pro vodiče platí přiměřeně požadavky uvedené v 9.2 a 9.3.

#### 9.5.2 Elektrické požadavky

Stejnoseměrný odpor vodičů OPCON nebo OPGW při 20 °C musí být vypočítán s použitím odporu jednotlivých drátů z hliníku, ze slitiny hliníku, z pozinkované oceli nebo ocelových drátů opláštěných hliníkem, spolu s odpovídajícím činitelem stáčení a odporem dalších hliníkových komponentů vodiče, podle požadavků uvedených v příloze A ČSN EN 60794-4, a/nebo podle principů ČSN EN 50182.

V PS musí být uvedeny odkazy na proudovou zatížitelnost a zkratové podmínky a případně na úroveň rádiového rušení.

#### Podmínky pro stanovení nejvyšší návrhové teploty

Pokud by měl být vodič s optickými vlákny použitý jako fázový vodič, platí příslušná ustanovení 9.2.2.

### 9.5.3 Provozní teploty vodiče

#### Nejvyšší přípustné teploty vodičů

Nejvyšší návrhová teplota fázových vodičů s optickými vlákny OPCON při normálním zatížení nesmí být vyšší než +80 °C.

Nejvyšší teplota vodičů s optickými vlákny při krátkodobém přetížení následkem poruchy v elektrizační soustavě nesmí být vyšší než +200 °C. PS může předepsat teplotu nižší a/nebo může předepsat další požadavky. Při stanovení nejvyšší teploty vodičů při poruše nebo zkratu je nutné brát v úvahu údaje výrobce vodiče. Při stanovení nejvyšší teploty vodiče při poruše nesmí dojít k trvalému zhoršení optických, mechanických a elektrických vlastností vodiče. Při výpočtu teploty vodiče při poruše nebo zkratu se za výchozí teplotu vodiče považuje +40 °C, nestanoví-li PS teplotu vyšší. PS musí předepsat hodnoty poruchových proudů a doby trvání poruchy (včetně způsobu zohlednění systému opětného zapínání), které musí být uvažovány při tepelném dimenzování vodiče.

Umožňují-li speciální materiály a/nebo konstrukce vodiče vyšší provozní teploty, musí být nejvyšší přípustné provozní teploty stanoveny v PS. Tyto teploty mohou být vyšší než teploty uvedené v článku 9.5.3 výše.

PS může předepsat nejvyšší krátkodobou teplotu fázových vodičů při zvláštním zatížení vedení nad běžnou úroveň. Tato teplota však nesmí zhoršovat vlastnosti vodiče (mechanické, elektrické a optické). Podmínky musí být stanovené v PS.

POZNÁMKA Viz také 9.2.3.

### 9.5.4 Mechanické požadavky

Jmenovitá pevnost (RTS) vodičů OPCON a OPGW musí být dostatečná pro splnění požadavků zatížení, stanovených v kapitole 4, ve spojitosti s dílčími součiniteli pro vodiče uvedenými v 9.6.2.

Pokud je to nezbytné, musí být maximální dovolené zatížení vodiče v tahu uvedeno v PS.

#### Požadavky na pevnost vodiče

Jmenovitá pevnost (RTS) vodiče se stanoví podle ČSN EN 60794-4, případně je udaná výrobcem vodiče.

Maximální přípustný tah vodiče (MAT) podle ČSN EN 60794-4, při kterém nesmí dojít ke zhoršení požadovaných optických vlastností vodiče, nesmí být menší než maximální tah vodiče při zatíženích, odpovídajících zatěžovacím stavům 1, 3a a 4 podle článku 4.12.2. V PS může být požadováno, aby při těchto zatíženích nedošlo k tahovému zatížení optických vláken.

#### Ochrana proti účinkům větrem buzených vibrací

PS musí předepsat, zda a jakým způsobem budou vodiče chráněny proti účinkům větrem buzených vibrací.

Doporučuje se, aby vodiče s optickými vlákny byly vždy chráněny proti vibracím vhodnými tlumiči vibrací nebo jiným odpovídajícím způsobem. Přitom je nutné brát v úvahu doporučení výrobce vodiče.

Doporučuje se, aby nebyly překročeny mezní hodnoty parametru řetězovky vodiče, stanovené v 9.2.4 pro bezpečnou oblast 2, případně mezní hodnoty horizontální složky tahu vodiče, uvedené v 9.3.4.

### 9.5.5 Ochrana proti korozi

PS musí stanovit požadavek na ochranu vodičů OPCON a OPGW proti korozi, kterou může být mazivo a/nebo hliníkový plášť nebo pozinkování ocelových pramenců.

Platí přiměřeně ustanovení v 9.2.5.

### 9.5.6 Zkušební požadavky

Zkušební požadavky na vodiče OPCON a OPGW musí být v souladu s ČSN EN 60794-1-2 a s PS.

## 9.6 Obecné požadavky

### 9.6.1 Zamezení poškození

PS musí stanovit požadavky pro balení a značení dodávky vodiče v souladu s ČSN EN 50182. Výrobce musí rovněž stanovit minimální průměr pro montážní příslušenství (například bubny brzdy/tažného zařízení, montážní kladky atd.) a veškeré zvláštní montážní postupy nebo opatření, aby se zabránilo poškození vodičů a/nebo rozpletení (košování).

Odběratel musí také zajistit, aby požadavky na armatury vodiče, např. jejich výběr, umístění a montáž, byly adekvátně specifikovány, aby se zabránilo nebezpečí rozpletení (košování).

### 9.6.2 Dílčí součinitel vlastností materiálu pro vodiče

Hodnota dílčího součinitele vlastností materiálu pro všechny typy vodičů, vztažená na jmenovitou pevnost (RTS) vodiče v tahu, je:

$$\gamma_M = 1,80$$

Tento dílčí součinitel materiálu pro vodiče se použije ve spojitosti s dílčími součiniteli zatížení a součiniteli kombinace, uvedenými v 4.13, k ověření únosnosti vodiče při tazích, vyplývajících ze zatěžovacích stavů 1, 3a a 4, uvedených v článku 4.12.2.

### 9.6.3 Nejmenší průřezy

#### Nejmenší průřezy fázových vodičů a zemnicích lan

Jmenovitý průřez zemnicích lan nesmí být menší než 50 mm<sup>2</sup>.

Nejmenší průřez fázových vodičů musí být určen s ohledem na přípustné meze vysokofrekvenčního šumu, uvedené v národní příloze NA ČSN EN 61936-1, a na přípustné hygienické limity slyšitelného hluku, stanovené Nařízením vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

### 9.6.4 Výpočty tahů a průhybů

Jakmile je venkovní vedení postaveno, mohou být fázové vodiče vystaveny mimořádným událostem (vysoké teploty během doby vysokého elektrického zatížení apod.). Při všech předvídatelných podmínkách se nesmí vodiče přetřhnout ani klesnout tak, že by nebyly dodrženy minimální elektrické vzdálenosti.

Vodič musí být navržen tak, aby odolal tahům (namáháním), vyskytujícím se v důsledku klimatických zatížení při stanovené úrovni spolehlivosti. Vodiče také nesmí selhat v důsledku únavy při přetrvávajících vibracích vyvolaných větrem, ani klesnout tak, aby byly ohroženy minimální elektrické vzdálenosti.

POZNÁMKA Další podrobnou diskusi o vývoji a uplatnění výpočtů průhyb/tah (namáhání) lze nalézt v technické brožuře CIGRE č. 324 "Metody výpočtu průhyb – tah (namáhání) pro venkovní vedení".

#### Výpočty tahů a průhybů v počátečním a konečném stavu

Nejmenší dovolené elektrické vzdálenosti nesmějí být porušeny jak ve stavu po montáži vodičů (počáteční stav), tak ve stavu na konci návrhové životnosti vodičů (konečný stav) stanovené v této normě nebo v PS. Pro vedení musí proto projektant provést výpočty tahů a průhybů pro počáteční stav a konečný stav. Návrh a výpočty chování vodiče musí brát v úvahu vliv stálého prodloužení na průhyb vodiče. Předpokládaná doba pro výpočet prodloužení je minimálně 30 let. Metoda je např. v publikaci Energetika č. 12/38 nebo v IEC/TR 61597. Pokud není provedený výpočet stálého prodloužení nebo není v PS požadován jiný postup, lze použít typické hodnoty, uvedené v IEC/TR 61597.

### 9.7 Zkušební protokoly a certifikáty

Výsledky všech typových zkoušek se musí uvést v protokolech vydaných dodavatelem nebo kvalifikovanou organizací. Tyto platí bez časového omezení za předpokladu, že nedojde k žádné změně v materiálech, konstrukci, způsobu výroby nebo výrobce vodiče.

Výsledky výběrových zkoušek se musí vydat v protokolech vydaných dodavatelem pro každé dodané množství.

### 9.8 Výběr, dodávka a montáž vodičů

Informace týkající se výběru, dodávky a montáže vodičů jsou uvedeny v příloze N.

## 10 Izolátory

### 10.1 Obecně

Návrhy izolátorů zahrnují izolátorové řetězce z talířových nebo tyčových izolátorů a podpěrné izolátory pro vedení. Tyto izolátory mohou být zhotoveny z keramických materiálů nebo skla nebo mohou být vyrobeny jako kompozitní. Na venkovních vedeních může být použita kombinace těchto izolátorů.

Izolátory musí být navrženy, vybrány a zkoušeny tak, aby vyhověly elektrickým a mechanickým požadavkům, které jsou určeny návrhovými parametry venkovních vedení. Návrhová životnost může být předmětem dohody mezi dodavatelem a odběratelem.

Izolátory musí odolávat vlivu všech okolních klimatických podmínek, včetně slunečního záření. Musí být odolné vůči atmosférickému znečištění a schopné spolehlivého chování při vystavení podmínkám znečištění, stanovených v projektové specifikaci.

Izolátory musí být navrženy tak, aby umožňovaly snadnou údržbu, včetně údržby pod napětím, je-li požadována.

#### 10.1.1 Použití vícenásobných izolátorových závěsů

Dvojitě a vícenásobné izolátorové závěsy se používají z následujících důvodů:

- z hlediska zvýšených bezpečnostních požadavků podle 5.9.1.2, přičemž v PS mohou být uvedeny dodatečné požadavky;
- nespĺňují-li jednoduché izolátorové závěsy požadavky následujících článků této kapitoly, zvláště mechanické požadavky podle 10.7;
- z hlediska vyššího zabezpečení vedení proti poruchám.

Pokud není v PS stanoveno jinak, musí být všechny kotevní izolátorové závěsy vedení se jmenovitým napětím 400 kV dvojitě nebo vícenásobné. Každý izolátorový řetězec dvojitých nebo trojitých kotevních izolátorových závěsů musí být ke konstrukci podpěrného bodu připojen samostatně. Výjimka z tohoto pravidla se připouští pouze tehdy, mají-li být použity starší typy podpěrných bodů, které nejsou uzpůsobeny pro připojení jednotlivých řetězců závěsu.

Použití dvojitých kotevních závěsů se doporučuje při použití keramických tyčových izolátorů také u vedení se jmenovitým napětím 110 kV a 220 kV, zvláště s ohledem na vandalismus. Jednoduché kotevní závěsy se mohou použít, je-li to povoleno v PS nebo v ojedinělých případech (například v rozpětích se sníženým tahem vodičů) se souhlasem odběratele, není-li jejich použití v rozporu s ostatními požadavky této normy.

Použití dvojitých izolátorových závěsů se doporučuje také na rohových nosných stožárech s úhlem lomu trasy vedení větším než 1°.

Dvojitě nosné závěsy s rovnoběžnými izolátorovými řetězci mají být navrhovány tak, aby rovina, procházející osami obou řetězců, byla rovnoběžná s trasou vedení.

Použití jednoduchých nosných závěsů z tyčových keramických izolátorů se pro vedení o jmenovitém napětí 400 kV nedoporučuje. Jednoduché nosné závěsy se mohou použít, je-li to povoleno v PS a není-li použití jednoduchých závěsů v konfliktu s ostatními požadavky této normy.

Každý řetězec dvojitých nosných závěsů vedení o jmenovitém napětí 400 kV musí být ke konstrukci podpěrného bodu připojen samostatně. Výjimka z tohoto pravidla se připouští pouze tehdy, mají-li být použity starší typy podpěrných bodů, které nejsou uzpůsobeny pro připojení jednotlivých řetězců závěsu.

#### 10.1.2 Použití ochranných armatur

Izolátorové závěsy systémů se jmenovitým napětím 110 kV a vyšším musí být opatřeny ochrannými armaturami pro zajištění požadované zkratové odolnosti (viz 10.5) a požadovaných hladin rádiového rušení (viz 10.3).

Každý izolátor třídy A (viz ČSN IEC 383-1) v izolátorovém závěsu musí být opatřen ochrannými armaturami, pokud není typovými zkouškami prokázáno, že jejich použití není nutné.

#### 10.1.3 Orientace ochranných armatur izolátorových závěsů

Jsou-li použity ochranné armatury s opalovacími rohy, orientace rohů musí být následující:

- Jednoduché nosné a pomocné závěsy
  - pro závěsy na konzolách: kolmo na vodič směrem od stožáru

- pro závěsy v okně stožáru a pro závěsy uvnitř portálu: ve směru vodiče směrem od zdroje většího příspěvku zkratového proudu
- b) Dvojité nosné závěsy, orientované podél vedení
- ve směru vodičů na obě strany od osy závěsu
- c) Dvojité nosné závěsy, orientované kolmo na vedení
- ve směru vodičů, u jednotlivých řetězců dvojitého závěsu na opačnou stranu
- d) Nosné V-závěsy, orientované kolmo na vedení
- při úhlu rozevření  $0^\circ$  až  $60^\circ$  ve směru vodičů, u jednotlivých řetězců dvojitého závěsu na opačnou stranu
  - při úhlu rozevření větším než  $60^\circ$  kolmo na vodič a mezi řetězce V-závěsu
- e) Kotevní závěsy
- směrem vzhůru
- f) Polokotevní závěsy tvaru A
- ve směru vodičů, u jednotlivých řetězců závěsu na opačnou stranu od svislé osy
- g) Polokotevní speciální závěsy (tvaru převrácené T)
- kotevní řetězce závěsu: směrem vzhůru
  - nosné řetězce dvojitého závěsu: jako u dvojitého nosného závěsu
  - nosný řetězec jednoduchého závěsu: směrem kolmo na vodič

## 10.2 Standardní elektrické požadavky

Návrh izolátorů musí být takový, aby vyhověl požadavkům na elektrická výdržná napětí (viz 5.3). Tyto požadavky jsou shrnuty v tabulce 10.1.

Požadovaná výdržná napětí izolátorových závěsů pro systémy se jmenovitým napětím 110 kV až 400 kV jsou uvedeny v tabulce 5.2.

Pro systémy se jmenovitým napětím nad 1 kV do 45 kV, které jsou na společných podpěrných bodech se systémy se jmenovitým napětím 110 kV, se výdržná napětí izolátorových závěsů volí podle ČSN EN 61936-1, příloha ZA „Zvláštní národní podmínky“.

Tabulka 10.1 – Standardní elektrické požadavky

Rozsah napětí	1 kV < $U_s$ ≤ 245 kV				$U_s > 245$ kV		
	Izolátorové závěsy			Podpěrné izolátory pro vedení <sup>a</sup>	Izolátorové závěsy		
	Talířové izolátory <sup>a</sup>	Tyčové izolátory <sup>a</sup>	Kompozitní izolátory <sup>b</sup>		Talířové izolátory <sup>a</sup>	Tyčové izolátory <sup>a</sup>	Kompozitní izolátory <sup>b</sup>
Výdržné napětí síťového kmitočtu za deště	X	X	X	X	-	-	-
Výdržné napětí při atmosférickém impulzu za sucha	X	X	X	X	X	X	X
Výdržné napětí při spínacím impulzu za deště	-	-	-	-	X	X	X
Průrazné výdržné napětí (jednotlivý izolátor)	X	-	-	X <sup>c</sup>	X	-	-

<sup>a</sup> Zkoušky prováděné podle ČSN IEC 383-1 a ČSN EN 60383-2.

<sup>b</sup> Zkoušky prováděné podle ČSN EN 61109 (pouze pro jednotlivé kompozitní izolátory) a ČSN EN 61952, jak je vhodné.

<sup>c</sup> Pouze pro ty podpěrné izolátory, které jsou průrazné.

### 10.3 Požadavky na rádiové rušení a zhášecí napětí koróny

Všechny typy izolátorů pro venkovní vedení musí působit jen takové hladiny rádiového rušení, které jsou v souladu s celkovou hladinou určenou pro instalaci. Pokud je to potřebné, musí být stanoveno zhášecí napětí viditelné koróny. Další informace o vlivu koróny, včetně rádiového rušení, jsou uvedeny v kapitole 5.10.

Typové zkoušky rádiového rušení musí být provedeny na všech typech izolátorových závěsů.

Nejvyšší přípustné hladiny rušivého napětí, měřeného podle ČSN EN 60437 na impedanci 300  $\Omega$  při kmitočtu 0,5 MHz, jsou pro izolátorové závěsy pro nejvyšší napětí sítě od 123 kV do 420 kV uvedeny v následující tabulce.

**Tabulka 10.2 – Maximální hladiny rušivého napětí**

Nejvyšší provozní napětí sítě (kV)	123	245	420
Max. hladina rušivého napětí (dB)	56	73	73

**POZNÁMKA** Meze jsou stanoveny podle ČSN EN 61000-6-3 pro vedení 110 kV a ČSN EN 61000-6-4 pro vedení 245 kV a 420 kV.

Pokud není stanoveno jinak, pak zkušební napětí je rovno nejvyššímu fázovému provoznímu napětí sítě.

Hladina rušivého napětí musí být dodržena při maximálním provozním fázovém napětí a při dalším zvyšování zkušebního napětí o 10 % nesmí nastat skokové zvýšení rušivého napětí.

Pokud jsou požadovány typové a/nebo výběrové zkoušky na jednotlivých izolátorech, musí se provádět podle ČSN EN 60437.

### 10.4 Požadavky na chování při znečištění

#### 10.4.1 Obecně

Stupeň atmosférického znečištění oblastí, kterými vedení prochází a požadavky pro volbu izolátorů (požadované postupy zkoušek s umělým znečištěním nebo požadované hodnoty unifikované měrné povrchové cesty) musí být stanoveny v PS.

Izolátory do znečištěného prostředí musí být voleny v souladu s PNE 330405-1 a PNE 330405-2.

Volbu izolátorů je možno provádět na základě předepsané délky unifikované měrné povrchové cesty (nebo délky unifikované měrné povrchové cesty) nebo na základě výsledků zkoušky s umělým znečištěním metodou pevné vrstvy znečištění – postup B vlhčení po přiložení napětí podle ČSN EN 60507.

#### 10.4.2 Volba izolátorů do znečištění podle délky unifikované měrné povrchové cesty

Pokud se volba izolace do znečištění provádí podle délky unifikované měrné povrchové cesty, musí být povrchová cesta izolátoru (izolátorového řetězce) rovna nebo větší než součin hodnoty unifikované měrné povrchové cesty pro daný stupeň znečištění a nejvyššího provozního fázového napětí sítě, pro kterou je izolátor určen.

Hodnoty unifikované měrné povrchové cesty jsou uvedeny v tabulce 10.3.

#### 10.4.3 Volba izolátorů na základě výsledků zkoušky s umělým znečištěním

Výdržné napětí izolátoru (izolátorového řetězce), získané jako výsledek zkoušky při stanovených hodnotách výdržných ekvivalentních hustot nánosů soli pro daný stupeň znečištění, musí být větší, než je nejvyšší fázové střídavé napětí sítě, pro kterou je izolátor (izolátorový závěs) určen.

Zkoušky se provádí na samotných izolátorech (bez ochranných armatur). Výsledky zkoušek na izolátorech pro napětí 110 kV se mohou lineárně extrapolovat pro izolátorové závěsy až do napětí 400 kV.

Předepsané hodnoty výdržných ekvivalentních hustot nánosů soli jsou pro jednotlivé stupně znečištění uvedeny v tabulce 10.3.

**POZNÁMKA 1** Pro kompozitní izolátory není dosud vypracována standardní metoda zkoušky s umělým znečištěním. Volba kompozitních izolátorů do znečištění se provádí na základě předepsané unifikované měrné povrchové cesty.

**POZNÁMKA 2** Volba izolace pro keramické izolátory na základě výsledků zkoušky s umělým znečištěním metodou pevné vrstvy znečištění bez dodatečného dovlhčování („flow-on“) podle ČSN 330405:1989 se již nedoporučuje.

**Tabulka 10.3 – Hodnoty výdržných ekvivalentních hustot nánosů soli**

Stupeň znečištění	Unifikovaná měrná povrchová cesta <sup>*)</sup> (mm/kV)	Metoda pevné vrstvy znečištěn postup B	
		Výdržná ekvivalentní hustota nánosů soli (mg/cm <sup>2</sup> )	
		Tyčové izolátory	Talířové izolátory
I	27,7	0,005	0,01
II	34,6	0,02	0,1
III	43,3	0,08	0,25
IV	53,7	0,4	0,7

<sup>\*)</sup> POZNÁMKA Unifikovaná měrná povrchová cesta je délka povrchové cesty izolátoru (mm) dělená nejvyšším provozním fázovým napětím sítě, pro kterou je izolátor určen (kV).

### 10.5 Požadavky na obloukový zkrat

Pokud je to požadováno v PS, musí izolátorové závěsy a podpěrné izolátory pro vedení všech typů splňovat stanovené požadavky na obloukový zkrat. Informace o zkouškách obloukovým zkratem jsou uvedeny v ČSN EN 61467.

Příslušný zkušební postup musí být dohodnut mezi odběratelem a dodavatelem.

Typová zkouška obloukovým zkratem musí být provedena minimálně na jednoduchém nebo dvojitým nosném závěsu (u dvojitého závěsu přednostně s orientací kolmo k vodiči) s jednostranně napájeným zkratem (zkušební obvod B podle ČSN EN 61467). Toto uspořádání reprezentuje z hlediska účinků namáhání obloukovým zkratem nejhorší variantu ve srovnání s ostatními typy závěsů i napájení zkratu.

Uživatel izolátorových závěsů musí rozhodnout, zda bude vyžadovat provedení zkoušek obloukovým zkratem i na ostatních typech závěsů, jiný způsob napájení zkratu nebo zkoušku jinou hodnotou zkratového proudu, než která je uvedena v tabulce 10.4 (určenou například na základě výpočtu skutečných zkratových proudů).

Není-li dohodnuto jinak, lze výsledky zkoušek obloukovým zkratem, provedených na izolátorových závěsech s izolátory a spojovacími armaturami s určitou mechanickou pevností (SML), považovat za platné pro závěsy s izolátory a spojovacími armaturami obdobného typu s vyšší mechanickou pevností za předpokladu, že izolátory a armatury byly vyrobeny stejným výrobcem ze stejného materiálu a stejným výrobním postupem a že zkratová odolnost (jmenovitý krátkodobý proud) spojovacích a ochranných armatur je stejná nebo vyšší.

Každý izolátorový závěs musí vydržet tři následné zkratové zkoušky s předepsanou hodnotou proudu obloukového zkratu pro příslušné nejvyšší napětí sítě, dvě s dobou trvání 0,2 sekund a jednu s dobou trvání 0,5 sekund.

Doporučené hodnoty zkušebních zkratových proudů pro izolátorové závěsy různých napěťových hladin jsou uvedeny v následující tabulce 10.4.

**Tabulka 10.4 – Hodnoty zkratového proudu pro zkoušky obloukovým zkratem**

Nejvyšší napětí sítě (kV)	Zkratový proud (kA)
123	25 (40) <sup>*)</sup>
245	25
420	35 (50) <sup>**)</sup>

**POZNÁMKY**

<sup>\*)</sup> U vedení, které vychází ze stanice 110 kV se zvýšenou zkratovou odolností 50 kA, se musí do vzdálenosti, kde nejvyšší celkový jednofázový ekvivalentní oteplovací zkratový proud přesahuje hodnotu 25 kA, použít izolátorové závěsy s odolností proti obloukovému zkratu 40 kA.

<sup>\*\*)</sup> U vedení, které vychází ze stanice 400 kV se zvýšenou zkratovou odolností 63 kA, se musí do vzdálenosti, kde nejvyšší celkový jednofázový ekvivalentní oteplovací zkratový proud přesahuje hodnotu 35 kA, použít izolátorové závěsy s odolností proti obloukovému zkratu 50 kA.

Po zkouškách obloukovým zkratem

- izolátory musí vyhovět hodnotícím kritériím, uvedeným v ČSN EN 61467;
- hodnota porušujícího mechanického zatížení izolátorů po zkoušce obloukovým zkratem musí být alespoň 70 % jejich předepsané minimální porušující síly (SML).

## 10.6 Požadavky na akustický hluk

Pokud je to požadováno v PS, musí být všechny typy izolátorů pro venkovní vedení navrženy tak, aby splňovaly požadavky na slyšitelný hluk, stanovené pro příslušné instalace. Další informace, týkající se slyšitelného hluku, způsobeného korónou, jsou uvedeny v článku 5.10.2.

## 10.7 Mechanické požadavky

### 10.7.1 Dílčí součinitel vlastnosti materiálu pro izolátory

Dílčí součinitel vlastnosti materiálu se vztahuje:

- k minimální mechanické (u keramických a skleněných izolátorů třídy A) nebo elektromechanické (u keramických a skleněných izolátorů třídy B) porušující síle podle ČSN IEC 383-1;
- k předepsanému mechanickému zatížení kompozitních izolátorů podle ČSN EN 61109.

Při ověřování návrhové únosnosti izolátorů v mezních stavech únosnosti se pro všechny druhy izolátorů musí u vedení se jmenovitým napětím vyšším než 45 kV počítat s hodnotou dílčího součinitele vlastnosti materiálu  $\gamma_M = 1,8$ , pokud není v PS požadována hodnota vyšší. Přitom se uvažuje s návrhovými silami, kterými na izolátory působí vodiče a vlastní izolátorové závěsy v zatěžovacích stavech, definovaných v 4.12.2, v tabulce 4.11.

Požadavek na únosnost izolátoru při jednostranném uvolnění tahu vodiče v zatěžovacím stavu 5a dle tabulky 4.11 se netýká pevných podpěrných izolátorů pro vedení, kde požadavky na únosnost izolátorů vůči podélným silám musí být stanoveny v PS.

### 10.7.2 Nejmenší přípustné zatížení izolátorových závěsů pro vedení

Aby se předešlo možnému vzniku rádiového rušení jiskrovými výboji, způsobenými kapacitní vazbou, musí být všechny pohyblivé spoje ve všech izolátorových závěsech na vedení za bezvětrí zatíženy tahem nebo tlakem o hodnotě alespoň 0,5 kN.

### 10.7.3 Vícenásobné izolátorové závěsy

Při přetržení jednoho řetězce izolátorového závěsu, sestaveného ze dvou nebo více řetězců, se musí ověřit, že účinek návrhových zatížení nepřekročí návrhovou únosnost zbývajících izolátorů. Přitom se předpokládá, že na izolátory ve zbývajících řetězcích působí největší statické síly, vyplývající ze zatěžovacích stavů 1, 3a a 4 podle 4.12.2, tabulky 4.11. Dílčí součinitel vlastnosti materiálu pro izolátory ve zbývajících řetězcích se uvažuje:

Pro keramické izolátory	$\gamma_M = 1,35$
pro skleněné izolátory	$\gamma_M = 1,1$
pro kompozitní izolátory	$\gamma_M = 1,1$
pokud není v PS stanovena hodnota vyšší.	

Izolátorové závěsy, sestavené ze dvou nebo více paralelních řetězců, musí být navrženy tak, aby:

Celkový tah byl rozdělen pokud možno rovnoměrně na jednotlivé izolátorové řetězce, a to jak v neporušeném stavu, tak i po přetržení jednoho řetězce v izolátorovém závěsu;

Při dynamickém namáhání, působícím při přetržení jednoho řetězce závěsu, nedošlo k přetržení všech zbývajících řetězců izolátorového závěsu.

Tento požadavek lze u kotevních izolátorových závěsů ověřit výpočtem nebo dynamickou zkouškou (viz 10.11.2 a příloha P, článek 3.1). Pokud se požaduje ověření výpočtem nebo zkouškou, musí to být uvedeno spolu s příslušnou specifikací v PS.

## 10.8 Požadavky na trvanlivost

### 10.8.1 Obecné požadavky na trvanlivost izolátorů

Trvanlivost izolátoru je ovlivněna konstrukcí, volbou materiálu a výrobními postupy. Všechny materiály, použité pro konstrukci izolátorů venkovních vedení, musí být odolné vůči atmosférické korozi, která může mít vliv na jejich chování.



Určitou informaci o životnosti závěsných izolátorů z keramických materiálů nebo skla lze získat z tepelně-mechanické zkoušky podle ČSN IEC 383-1. Ve zvláštních případech může být nezbytné počítat s únavovými charakteristikami na základě příslušných zkoušek, stanovených v PS nebo dohodnutých mezi odběratelem a dodavatelem.

POZNÁMKA Základní informace, týkající se tepelně-mechanické zkoušky, jsou uvedeny v IEC/TR 60575.

### 10.8.2 Ochrana před vandalizmem

Zvláštní pozornost se musí věnovat snížení vlivu vandalizmu. Je-li to stanoveno v PS, musí dodavatel navrhnout metody pro zlepšení chování a splnění odpovídajících požadavků.

POZNÁMKA Informace, týkající se nárazových zkoušek závěsných talířových izolátorů, jsou uvedeny v ANSI/NEMA C29.1: Americká národní norma pro elektrické silové izolátory – Zkušební metody a v ANSI/NEMA C29.2: Americká národní norma pro elektrické silové izolátory – Porcelán, zpracovávaný za vlhka a tvrzené sklo – Závěsné typy.

### 10.8.3 Ochrana železných materiálů

Všechny železné materiály, kromě nerezové oceli, použité v izolátorech venkovních vedení, musí být chráněny proti korozi, působené atmosférickými podmínkami. Obvyklá forma ochrany je žárové zinkování ponorem, které musí splňovat požadavky, stanovené v ČSN IEC 383-1.

Pro instalace ve zvlášť náročných podmínkách může být v PS určeno buď zvýšení tloušťky zinku, nebo jiná metoda, dohodnutá mezi dodavatelem a odběratelem. V těchto případech musí být také dohodnuty metody zkoušek pro prokázání zvýšené odolnosti proti korozi.

Může se také odkazovat na ČSN EN ISO 1461.

### 10.8.4 Doplnková ochrana proti korozi

Je-li to stanoveno v PS nebo doporučeno dodavatelem a odsouhlaseno odběratelem, musí být paličky talířových izolátorů vybaveny zinkovou objímkou pro doplňkovou ochranu proti korozi. Odběratel a dodavatel musí dohodnout specifikaci objímky, která musí obsahovat podrobnosti, týkající se hmoty, tvaru, čistoty zinku a stupně přilnavosti.

POZNÁMKA Vhodné zkušební metody jsou uvedeny v ČSN EN 61325.

## 10.9 Výběr a specifikace materiálu

Materiály, použité pro výrobu izolátorů pro venkovní vedení, musí být vybrány s ohledem na příslušné elektrické a mechanické požadavky a s ohledem na požadavky na trvanlivost. Výrobce musí zabezpečit dostatečné specifikace a kontrolu kvality materiálu k zajištění trvalého dosahování stanovených charakteristik a požadavků na chování.

Zajišťovací zařízení, používané v sestavách izolátorů, musí splňovat požadavky ČSN IEC 372.

Při výběru jakosti kujné litiny včetně litiny se zrnitým grafitem by se měly brát v úvahu požadavky na pevnost, tažnost, a pokud je to nutné, požadavky na chování při nízkých teplotách a požadavky na žárové zinkování ponorem.

## 10.10 Charakteristiky a rozměry izolátorů

Charakteristiky a rozměry izolátorů, používaných pro venkovní vedení, musí, kdykoliv je to možné, vyhovovat rozměrovým požadavkům následujících norem ČSN EN a ČSN IEC:

- závěsné izolátory: ČSN EN 60305 a ČSN EN 60433;
- podpěrné izolátory pro vedení: ČSN IEC 720;
- kompozitní izolátory: ČSN EN 61466-1 a ČSN EN 61466-2.

Splnění požadavků výše uvedených norem také vyžaduje splnění požadavků ČSN IEC 120, ČSN IEC 372 a ČSN IEC 471.

Schválené typy izolátorů s rozměrovými charakteristikami, které se liší od stanovených ve výše uvedených normách, mohou být zahrnuty v PS. Zkoušky a jiné než rozměrové charakteristiky by měly odpovídat příslušným normám.

## 10.11 Požadavky na typové zkoušky

### 10.11.1 Standardní typové zkoušky

Typové zkoušky izolátorů

Typové zkoušky závěsných izolátorů a podpěrných izolátorů pro vedení z keramických materiálů nebo skla se musí provádět podle ČSN IEC 383-1. Není-li v PS určeno jinak nebo není-li dohodnuto jinak mezi odběratelem a dodavatelem, musí být přijímací kritéria pro elektrické, mechanické a jiné charakteristiky podle ČSN IEC 383-1.

Konstrukční a typové zkoušky kompozitních izolátorů se musí provádět

- u kompozitních závěsných a kotevních izolátorů podle ČSN EN 62217 a ČSN EN 61109
- u podpěrných izolátorů pro vedení podle ČSN EN 62217 a ČSN EN 61952

Pokud není v PS stanoveno jinak nebo není dohodnuto jinak mezi odběratelem a dodavatelem, musí být přijímací kritéria pro všechny charakteristiky podle ČSN EN 61109 nebo ČSN EN 61952.

### Typové zkoušky izolátorových závěsů

Typové zkoušky izolátorových řetězců a závěsů se musí provádět podle ČSN EN 60383-2. Přijímací kritéria musí být shodná s kritérii, uvedenými v ČSN EN 60383-2.

U izolátorových závěsů se kromě elektrických zkoušek podle ČSN EN 60383-2 vyžadují následující typové zkoušky:

- zkoušky rádiového rušení podle ČSN EN 60437 (parametry zkoušky musí být uvedeny v PS);
- zkoušky obloukovým zkratem na jednoduchém nosném závěsu (pokud není v PS stanoveno jinak) podle ČSN EN 61467. Parametry zkoušky musí být uvedeny v PS.

#### 10.11.2 Volitelné typové zkoušky

Pokud je to uvedeno v PS nebo dohodnuto mezi dodavatelem a odběratelem, mohou se provádět doplňkové typové zkoušky. Vhodné specifikace existují pro:

- zkoušku při znečištění ČSN EN 60507;
- průraznou zkoušku impulzním napětím ČSN EN 61211;
- zkoušku zinkové objímky ČSN EN 61325;
- zkoušku zbytkové pevnosti IEC/TR 60797.
- dynamickou mechanickou zkoušku kotevních závěsů v P 3.1 v Příloze P

Specifikace zkoušek a požadované hodnoty musí být uvedeny v PS nebo musí být dohodnuty mezi odběratelem a dodavatelem před prováděním každé zkoušky.

Pokud odběratel požaduje další typové zkoušky, které nejsou zahrnuty ve stávajících národních a mezinárodních normách, musí být zkušební postupy a přijímací kritéria uvedeny v PS nebo odsouhlaseny s dodavatelem v době předložení objednávky.

#### 10.12 Požadavky na výběrové zkoušky

Stanovené výběrové zkoušky se musí provádět na vzorcích náhodně vybraných z každé dávky izolátorů, nabídnuté k odběru. Zkoušky se musí provádět podle odpovídajících norem pro

- závěsné izolátory, podpěrné izolátory pro vedení a roubíkové podpěrné izolátory z keramických materiálů nebo skla: ČSN IEC 383-1,
- kompozitní závěsné a kotevní izolátory: ČSN EN 61109,
- kompozitní podpěrné izolátory pro vedení: ČSN EN 61952

Pokud není v PS stanoveno jinak nebo není dohodnuto jinak mezi odběratelem a dodavatelem při podání objednávky, musí být přijímací kritéria shodná s kritérii, uvedenými v ČSN IEC 383-1, ČSN EN 61952 nebo v ČSN EN 61109.

Pokud je to stanoveno v PS nebo dohodnuto mezi odběratelem a dodavatelem, mohou se provádět další výběrové zkoušky. Příklady těchto zkoušek jsou:

- zkouška rádiového rušení na jednotlivých závěsných talířových izolátorech: ČSN EN 60437;
- zkouška zinkové objímky (pokud je zkouška použitelná) na paličkách talířových izolátorů: ČSN EN 61325.

### 10.13 Požadavky na výrobní kusové zkoušky

Výrobní kusové zkoušky podle postupů v odpovídajících normách musí dodavatel provádět na každém jednotlivém kusu z dávky, nabídnuté k odběru. Zkoušky se musí provádět podle odpovídajících norem:

- závěsné izolátory a podpěrné izolátory pro vedení z keramických materiálů nebo skla: ČSN IEC 383-1;
- kompozitní závěsné a kotevní izolátory: ČSN EN 61109;

Pokud provozní podmínky vyžadují jakékoliv alternativní výrobní kusové zkoušky, pak musí být podrobnosti uvedeny v PS nebo dohodnuty mezi odběratelem a dodavatelem při podání objednávky.

### 10.14 Souhrn požadavků na zkoušky

Požadavky na typové, výběrové a výrobní kusové zkoušky izolátorů z keramických materiálů nebo skla jsou shrnuty v příloze P. Tato příloha nezahrnuje kompozitní závěsné a kotevní izolátory a podpěrné izolátory pro vedení, pro které jsou zkoušky podrobně popsány v ČSN EN 61109 a ČSN EN 61952.

### 10.15 Zkušební protokoly a osvědčení

Výsledky všech typových zkoušek musí být uvedeny v osvědčeních, vydaných dodavatelem nebo oprávněnou organizací. Musí být platné za podmínek a pro období, určená v ČSN IEC 383-1, ČSN EN 60383-2 nebo v ČSN EN 61109 a ČSN EN 61952.

Výsledky výběrových zkoušek musí být uvedeny v osvědčeních, vydaných dodavatelem pro každou dodanou dávku.

Dodavatel musí prokázat, že všechny izolátory v každé dodané dávce úspěšně prošly požadovanými výrobními kusovými zkouškami.

Jakékoliv další požadavky na certifikaci musí být odběratelem uvedeny v PS.

### 10.16 Výběr, dodávka a montáž izolátorů

Informace, týkající se výběru, dodávky a montáže izolátorů, jsou uvedeny v příloze Q.

## 11 Armatury venkovního vedení

### 11.1 Úvod

Armatury venkovních vedení musí být navrženy, vyrobeny a namontovány tak, aby splňovaly celkové požadavky na provoz, údržbu a vztah k okolnímu prostředí, které jsou určeny návrhovými parametry vedení na základě instrukcí, obsažených v této normě. Návrhová doba životnosti může být věcí dohody mezi dodavatelem a odběratelem. Není-li v PS uvedeno jinak, platí požadavky na návrhovou životnost, uvedené v 3.2.7 v tabulce 3.3.

Armatury venkovních vedení musí být zkoušeny podle požadavků ČSN EN 61284, ČSN EN 61854 nebo ČSN EN 61897. Jakékoliv alternativní nebo dodatečné požadavky musí být definovány v PS.

Dvojité nebo vícenásobné izolátorové závěsy, sestavené z paralelních řetězců z keramických tyčových izolátorů, mají být navrženy tak, aby při přetržení jednoho řetězce a následném pohybu závěsu nedošlo k porušení izolátorů ve zbývajících izolátorových řetězcích úderem izolátorů nebo armatur porušeného řetězce.

### 11.2 Elektrické požadavky

#### 11.2.1 Požadavky, týkající se všech armatur

Návrh všech armatur musí být takový, aby armatury vyhověly všem stanoveným elektrickým požadavkům (viz kapitola 5) pro venkovní vedení.

Ochranné kruhy a podobná zařízení se používají ke zvýšení odolnosti izolátorových závěsů proti obloukovému zkratu, regulaci výdržných napětí (středavé, impulzní atmosférické a spínací) a odrušení izolátorových závěsů. Musí být použity tam, kde je nezbytné snížit intenzitu elektrického pole na napěťovém konci izolátorového závěsu, zejména u koncových armatur kompozitních izolátorů.

#### 11.2.2 Požadavky, týkající se armatur pro vedení proudu

Armatury vodiče, určené k přenášení provozního proudu vodiče, nesmí při průchodu nejvyššího trvalého proudu ve vodiči nebo při zkratových proudech vykazovat nárůsty teploty vyšší než jsou nárůsty teploty připojeného vodiče. Také úbytek napětí na armaturách vodiče přenášejících proud nesmí být vyšší než úbytek napětí na vodiči ekvivalentní délky.

Zkušební postupy a přijímací kritéria musí být v souladu s ČSN EN 61284.

### 11.3 Požadavky na rádiové rušení a zhášecí napětí koróny

Armatury venkovních vedení včetně rozpěrek a tlumičů vibrací musí být navrženy tak, aby při zkušebních podmínkách byly hladiny rádiového rušení ve shodě s celkovou hladinou, stanovenou pro instalaci. Zhášecí napětí viditelné koróny musí být, pokud je to třeba, stanoveno v PS. Další informace o vlivu koróny, včetně rádiového rušení, jsou uvedeny v 5.10, zkušební metody jsou stanoveny v ČSN EN 61284.

Pokud není PS stanoveno jinak, pak armatury izolátorových závěsů, ochranné armatury a armatury vodičů nesmí působit rádiové rušení, překračující nejvyšší přípustné hladiny rušivého napětí, uvedené v tabulce 10.2.

### 11.4 Magnetické charakteristiky

Výběr materiálu nebo konstrukce armatur připojených k vodiči, musí být tam, kde je to třeba, takové, aby magnetické ztráty byly přijatelně nízké. Zkušební metody a přijímací kritéria musí být v souladu s ČSN EN 61284, pokud není v PS stanoveno jinak.

### 11.5 Požadavky na zkratový proud a obloukový zkrat

Pokud je to požadováno, musí armatury vyhovět stanoveným požadavkům na zkratový proud nebo obloukový zkrat. Armatury musí v případě požadavku na zkoušky zkratovým proudem nebo obloukovým zkratem mít po provedené zkoušce mechanickou pevnost alespoň 70 % jejich předepsané minimální porušující síly, pokud není v PS stanoveno jinak.

Opalovací rohy musí být schopné bezpečně přenášet očekávaný zkratový proud po očekávanou dobu trvání poruchy bez nepříznivého vlivu na bezpečnostní aspekty údržby venkovních vedení.

Zkoušky armatur obloukovým zkratem se musí provádět při zkouškách sestav izolátorových závěsů (viz 10.5).

Armatury izolátorových závěsů systémů se jmenovitým napětím 110 kV a vyšším musí při zkoušce obloukovým zkratem vydržet zatížení zkratovým proudem podle tabulky 10.4. Přitom se nesmí zahřát na teplotu, která by vedla k nepřijatelnému snížení jejich mechanické pevnosti.

Pokud jsou v izolátorových závěsech použity spojovací armatury, jejichž zkratová odolnost nebyla ověřena při zkoušce izolátorového závěsu obloukovým zkratem, musí se zkratová odolnost těchto armatur posuzovat podle hodnot jmenovitého krátkodobého proudu a jmenovité doby zkratu podle ČSN EN 60865-1, udaných výrobcem

(zjištěných zkouškou nebo výpočtem). Obvykle se jmenovitý krátkodobý proud udává pro jmenovitou dobu zkratu 1 s.

Hodnota jmenovitého krátkodobého proudu spojovacích armatur pro jmenovitou dobu zkratu 1 s může být menší, než jsou hodnoty proudu pro zkoušku obloukovým zkratem v tabulce 10.4. Obecně platí, že požadovaná hodnota jmenovitého krátkodobého proudu armatury  $I_{thn}$  (kA/1s) musí být rovna požadované hodnotě zkratového proudu pro zkoušky obloukovým zkratem (článek 10.5, tabulka 10.4) násobené  $\sqrt{0,5}$ .

Tento požadavek se vztahuje také na ostatní armatury izolátorového závěsu, jimiž prochází zkratový proud (nosné a kotevní svorky, armatury pro připojení izolátorových závěsů k podpěrným bodům).

**POZNÁMKA** Jedinou výjimkou jsou armatury pro připojení pomocných a zákrutových závěsů na stávající stožáry, konstrukčně vybavené pro připojení těchto závěsů pomocí nosných třmenů o průměru 16 – 20 mm. Zkratová odolnost nových nosných třmenů nesmí být nižší než třmenů původních. Doporučuje se náhrada nosných třmenů držáky závěsných kloubů se zkratovou odolností min. 25 kA.

Zkratová odolnost armatur se zkouší tzv. kovovým zkratem, buď na jednotlivých armaturách nebo na všech armaturách izolátorového závěsu (kterými v případě přeskočení na izolátoru protéká zkratový proud), spojených do série. Izolátory jsou nahrazeny izolačním prvkem, který je překlenut kovovou propojkou s dostatečným průřezem pro přenos zkušebního zkratového proudu.

Zkouška se provádí proudem s dobou trvání 1,0 s s hodnotou, jaká je doporučena v tabulce 10.5 pro zkoušky izolátorových závěsů násobenou  $\sqrt{0,5}$ .

Na ochranných armaturách musí být vždy provedena zkouška obloukovým zkratem podle článku 10.5.

### 11.6 Mechanické požadavky

Návrh armatur venkovních vedení musí být takový, aby armatury splňovaly stanovené mechanické návrhové požadavky.

#### Dílčí součinitel vlastnosti materiálu pro armatury

Vztahuje se k předepsaným minimálním porušujícím silám (SMFL) armatur izolátorového závěsu, armatur zemnicího lana, nosných a kotevních svorek a tahových spojek vodičů v rozpětí podle ČSN EN 61284.

Při ověřování mezních stavů únosnosti se musí počítat s hodnotou dílčího součinitele vlastnosti materiálu

$$\gamma_M = 1,8$$

pokud není v PS požadována hodnota vyšší. Přitom se uvažuje s návrhovými silami, kterými na armatury působí vodiče a izolátorové závěsy v zatěžovacích stavech, definovaných v 4.12.2 v tabulce 4.11.

Požadavek na únosnost armatur při jednostranném uvolnění tahu vodiče (zabezpečovací zatížení – zatěžovací stav 5a) se netýká pevných podpěrných izolátorů pro vedení, kde požadavky musí být stanoveny v PS.

#### Armatury vícenásobných izolátorových závěsů

Při přetržení jednoho řetězce izolátorového závěsu, sestaveného ze dvou nebo více řetězců, se musí ověřit, že účinky návrhových zatížení nepřekročí návrhové únosnosti armatur ve zbývajících řetězcích. Přitom se předpokládá, že na armatury ve zbývajících řetězcích závěsu působí největší statické síly, vyplývající ze zatěžovacích stavů 1, 3a a 4, uvedených v 4.12.2 v tabulce 4.11. Dílčí součinitel vlastnosti materiálu armatur se bere  $\gamma_M = 1,1$ , pokud není v PS požadována hodnota vyšší.

#### Kotevní svorky a tahové spojky vodičů v rozpětí

Předepsaná minimální porušující síla kotevních svorek a tahových spojek vodičů v rozpětí je podle ČSN EN 61284 dána vztahem

$$SMFL = X \cdot 0,95 \cdot RTS$$

kde je

SMFL předepsaná minimální porušující síla, která se vztahuje k uchycení svorky, případně spojky na vodiči;

RTS jmenovitá pevnost vodiče;

X součinitel, který se rovná 0,9, pokud není v PS stanoveno jinak.

Zkoušky tahem se provádějí podle ČSN EN 61284. Podrobnější požadavky mohou být určeny v PS. Není-li v PS uvedeno jinak, nesmí být doba, po kterou se při zkoušce udržuje konstantní zatížení o hodnotě  $0,6 \cdot SMFL$ , kratší než 10 minut a následný růst zatížení nesmí být rychlejší než  $0,15 \cdot SMFL/60$  s.

V ojedinělých případech (například v rozpětích se sníženým tahem vodičů) a se souhlasem odběratele mohou být použity svorky s menší předepsanou minimální porušující silou, musí však být splněny požadavky, uvedené v 11.6.

### **Doplňující požadavky pro nosné svorky**

Pokud není v PS stanoveno jinak, nesmí být předepsaná minimální síla prokluzování podle ČSN EN 61284 u standardních nosných svorek menší než rozdíl tahů vodiče, resp. jednostranný tah vodiče, vyplývající ze zatěžovacích stavů 2c, 5a a 5b podle tabulky 4.11. Tento požadavek se nevztahuje na nosné svorky s řízeným prokluzováním, navržené tak, aby umožňovaly proklouznutí vodiče. Odpovídající požadavky na tyto svorky musí být stanoveny v PS.

Požadavek na minimální sílu prokluzování při jednostranném uvolnění tahu vodiče (zabezpečovací zatížení – zatěžovací stav 5a) se nevztahuje na nosné svorky pevných podpěrných izolátorů pro vedení, kde požadavky musí být stanoveny v PS.

Hodnota výstupního úhlu lana z nosné svorky nesmí být větší než největší přípustná hodnota, stanovená výrobcem svorky. Tento požadavek musí být splněn při nejvyšší návrhové teplotě vodičů a při podmínkách, vyplývajících ze zatěžovacích stavů 2a a 4 podle tabulky 4.11.

Všechny armatury, na kterých může stát člověk, musí vydržet bodové charakteristické zatížení 1,5 kN.

### **11.7 Požadavky na trvanlivost**

Všechny materiály, použité pro konstrukci armatur venkovních vedení, musí být odolné vůči atmosférické korozi, která může mít vliv na jejich chování. Výběr materiálů nebo návrh armatur musí být takové, aby byla minimalizovaná bimetalická koroze armatur nebo vodiče.

Všechny železné materiály, kromě nerezové oceli, použité pro konstrukci armatur, musí být chráněny proti atmosférické korozi žárovým zinkováním ponorem nebo jinými metodami, uvedenými v PS nebo dohodnutými mezi odběratelem a dodavatelem.

Lze se také odvolat na ČSN EN ISO 1461.

Armatury s kloubovým spojením nebo vystavené otěru musí být konstruovány, včetně volby materiálu, a vyrobeny tak, aby byla zajištěna jejich maximální odolnost proti otěru.

### **11.8 Výběr a specifikace materiálu**

Materiály, použité pro výrobu armatur venkovních vedení, musí být vybrány s ohledem na jejich příslušné vlastnosti. Výrobce musí zabezpečit dostatečné specifikace a kontrolu kvality materiálu k zajištění trvalého dosahování stanovených charakteristik a požadavků na chování.

Zajišťovací zařízení, použité v sestavách armatur se spojením pánvičkou, musí splňovat požadavky ČSN IEC 372.

Při volbě kovů nebo slitin pro armatury vedení by se měly v případech, kdy je to nutné, brát v úvahu možné vlivy nízké teploty. Při volbě nekovových materiálů se musí brát v úvahu jejich možné reakce na teplotní extrémy, UV záření, ozón a atmosférické znečištění.

### **11.9 Charakteristiky a rozměry armatur**

Mechanické charakteristiky armatur izolátorových závěsů musí tam, kde je to náležité, splňovat požadavky na mechanickou pevnost podle ČSN EN 60305 a ČSN EN 60433 nebo ČSN EN 61466-1.

Rozměry spojovacích armatur izolátorových závěsů musí být podle ČSN IEC 120 nebo ČSN IEC 471.

Zařízení pro připojení vodičů na podpěrné izolátory pro vedení a k roubíkovým podpěrným izolátorům musí být navrženo tak, aby přenášelo i příčné síly vyvolané tahovými silami vodiče při zatížení vodiče podle kapitoly 4 této normy. Kromě toho musí spolehlivě udržet vodič v případě nesouměrných tahových sil. Tento druhý požadavek se nepoužívá pro zařízení, které je navrženo tak, že umožňuje proklouznutí vodiče.

### **11.10 Požadavky na typové zkoušky**

Typové zkoušky se musí provádět podle ČSN EN 61284, ČSN EN 61854 nebo ČSN EN 61897. Pokud není odběratelem v PS stanoveno jinak, pak musí být přijímací kritéria pro mechanické a ostatní charakteristiky podle těchto norem.

### **11.11 Požadavky na výběrové zkoušky**

Stanovené výběrové zkoušky se musí provádět na vzorcích náhodně vybraných z každé dávky armatur, nabídnutých k odběru. Zkoušky se musí provádět podle požadavků ČSN EN 61284, ČSN EN 61854 nebo ČSN EN 61897. Pokud není v PS stanoveno jinak nebo dohodnuto jinak mezi odběratelem a dodavatelem

v době podání objednávky, musí se přijímací kritéria pro všechny charakteristiky shodovat s kritérii uvedenými v těchto normách.

#### **11.12 Požadavky na výrobní kusové zkoušky**

Výrobní kusové zkoušky podle postupů v odpovídajících normách musí být dodavatelem prováděny na každé armatuře z dávky, nabídnuté k odběru. Zkoušky se musí provádět podle ČSN EN 61284, ČSN EN 61854 nebo ČSN EN 61897.

Normy ČSN EN 61284, ČSN EN 61854 a ČSN EN 61897 obsahují příklady nedestruktivních zkoušek. Rozsah zkoušek, které budou vybrány a použity, by měl být odsouhlasen mezi výrobcem a odběratelem a zahrnut v PS.

#### **11.13 Zkušební protokoly a osvědčení**

Výsledky všech typových zkoušek musí být uvedeny v osvědčeních, vydaných dodavatelem nebo oprávněnou organizací. Musí být platná bez jakéhokoliv časového omezení za předpokladu, že nedošlo ke změně konstrukce nebo materiálu armatury.

Výsledky výběrových zkoušek musí být uvedeny v osvědčeních, vydaných dodavatelem pro každou dodanou dávku.

Dodavatel musí prokázat, že všechny armatury v každé dodané dávce úspěšně prošly stanovenými výrobními kusovými zkouškami.

#### **11.14 Výběr, dodávka a montáž armatur**

Informace, týkající se výběru, dodávky a montáže armatur jsou uvedeny v příloze R.

## **12 Zabezpečení jakosti, kontroly a převímka**

### **12.1 Zabezpečení jakosti**

Opatření k zabezpečení jakosti při návrhu a výstavbě musí být tam, kde je to vhodné v souladu s požadavky ČSN EN ISO 9001, ČSN EN ISO 9002 a ČSN EN ISO 9003.

Systémy a postupy, které bude projektant nebo dodavatel stavby používat, aby plánované práce byly v souladu s návrhovými požadavky, musí být definovány v plánu jakosti projektantů nebo stavebních dodavatelů pro plánované práce.

Každý plán zabezpečení jakosti musí seřadit kontrolní činnosti v logickém sledu, musí zahrnovat požadavky výše uvedených norem a je součástí prováděcího plánu projektu nebo jeho etapy.

### **12.2 Kontroly a převímka**

Před převzetím nového vedení od zhotovitele má být specifikována řada vhodných opatření a kontrol vedení před jeho uvedením do provozu.

Odpovídající požadavky na jakost, provádění kontrol dodávaného materiálu a při výstavbě a způsob pro převímku vedení musí být uvedeny v PS, a to včetně definování opatření, která musí být učiněna, kým budou provedena, jak budou oznámena a dokumentována.

Doporučuje se provedení kontroly celého vedení, úsek po úseku, složku po složce a v různých etapách stavby, např. kontrola základů a instalace základových dílů před začátkem vztyčování stožárů apod.

Musí být stanoveno, že dodavatel zaručí vhodnými kontrolami jakosti shodu stavby vedení s obecnými a zvláštními specifikacemi a rovněž s konstrukčními výkresy.



## Příloha A (informativní)

### Koordinace únosnosti

ČSN EN 50341-1:2013 uvádí v informativní příloze A zásady pojmání koordinace únosnosti mezi jednotlivými složkami vedení podle IEC 60826. V A.1 jsou uvedena doporučená kritéria pro navrhování koordinace únosnosti a v A.2 vhodná koordinace únosnosti mezi hlavními složkami vedení a metody vedoucí k jejímu dosažení.

Příloha A ČSN EN 50341-1:2013 není v této podnikové normě zařazena a pro informace se odkazuje na tuto přílohu v ČSN EN 50341-1:2013.

V této podnikové normě je stanovena koordinace únosnosti pouze pro nadzemní části ocelové konstrukce základového dílu příhradového stožáru (viz 7.3.6.1.3) tím, že hodnoty dílčích součinitelů vlastnosti materiálu  $\gamma_M$  pro prvky, tvořící nadzemní část základového dílu stožáru, se vynásobí součinitelem koordinace  $> 1$ . Cílem je zvýšení únosnosti základového dílu vzhledem k dřívku stožáru tak, aby při havárii stožáru nebyl porušen základový díl a byla umožněna rychlá výměna stožáru.

V PS mohou být stanoveny další požadavky.

Příkladem koordinace únosnosti mezi podpěrným bodem a jeho základem může být např. požadavek, aby základy podpěrných bodů byly navrhovány nejen pro zatížení, vyplývající z příslušných zatěžovacích stavů, stanovená pro uvažovaný podpěrný bod podle skutečných podmínek jeho použití, ale také pro zatížení, odpovídající silám, pro které je příslušná typová konstrukce podpěrného bodu navržena.

**Příloha B** (informativní)**Převody rychlostí větru a zatížení námrazou****B.1 Definice značek použitých v této příloze B**

Značka	Význam
$C_T$	Převodní součinitel
$C_1, C_2$	Parametry Gumbelova rozdělení
$I_B$	Základní zatížení námrazou na jednotku délky
$I_T$	Zatížení námrazou s dobou návratu $T$
$I_m$	Maximální roční zatížení námrazou
$I_{max}$	Maximální zatížení námrazou, zaznamenané v průběhu několika let
$I_{mm}$	Střední hodnota maximálních ročních zatížení námrazou
$I_3$	Jmenovité zatížení námrazou s dobou návratu 3 roky
$I_{50}$	Extrémní zatížení námrazou s referenční dobou návratu 50 let
$K_{sp}$	Parametr tvaru
$n$	Exponent ve výrazu pro $C_T$
$n$	Počet let pozorování
$Q_{WT}$	Zatížení větrem s dobou návratu $T$
$T$	Doba návratu
$V_T$	Rychlost větru s dobou návratu $T$
$V_3$	Jmenovitá rychlost větru s dobou návratu 3 roky
$V_{50}$	Extrémní rychlost větru s referenční dobou návratu 50 let
$v_I$	Variační koeficient maximálních ročních zatížení námrazou
$v_W$	Variační koeficient extrémní rychlosti větru
$\gamma_I, \gamma_W$	Dílčí součinitele zatížení námrazou a zatížení větrem
$\Psi_I, \Psi_W$	Součinitele pro kombinační hodnoty zatížení námrazou a zatížení větrem

**B.2 Vyhodnocení údajů o extrémních rychlostech větru**

Extrémní rychlost větru  $V_T$  je rychlost větru s dobou návratu  $T$ , která odpovídá úrovni spolehlivosti, zvolené pro venkovní vedení.

Převod extrémní rychlosti větru  $V_{50}$ , spojené s referenční dobou návratu 50 let, na jinou rychlost větru  $V_T$ , spojenou s jinou dobou návratu  $T$  let, se může provést pomocí převodního součinitele  $C_T$  (součinitel pravděpodobnosti  $c_{prob}$  v ČSN EN 1991-1-4), daného výrazem:

$$C_T = V_T / V_{50} = \left( \frac{1 - K_{sp} \ln(-\ln(1 - 1/T))}{1 - K_{sp} \ln(-\ln(1 - 1/50))} \right)^n$$

kde je

$T$  doba návratu (v letech) spojená s  $V_T$ ;

$K_{sp}$  součinitel tvaru;

$n$  exponent. Doporučená hodnota je 1 (platí doporučená hodnota).

Tento výraz pro  $C_T$  pochází z Gumbelova rozdělení, popsáno v příloze D ČSN EN 50341-1, použitého pro rychlost větru.

POZNÁMKA 1 Doporučená hodnota pro  $n$  v ČSN EN 1991-1-4 je 0,5, protože se zde předpokládá, že Gumbelovo rozdělení platí pro tlak větru (a nikoliv pro rychlost větru).

Hodnota  $K_{sp}$  může být určena v závislosti na:

- variačním koeficientu extrémní rychlosti větru  $v_W$ ;
- délce měřených řad (v letech);
- parametrech  $C_1$  a  $C_2$  tohoto rozdělení, závislých na délce měřených řad, pomocí výrazu:

$$K_{sp} = \frac{v_W}{C_1 - C_2 v_W}$$

Hodnoty  $C_1$  a  $C_2$  pro 30leté období pozorování rychlostí větru mohou být určeny z tabulky D.1 v příloze D ČSN EN 50341-1:  $C_1 = 1,1124$  a  $C_2 = 0,5362$ .

POZNÁMKA 2 V ČSN EN 1991-1-4 se předpokládá velmi vysoký počet let pozorování. Z toho plyne  $C_1 = \pi / \sqrt{6}$  a  $C_2 = 0,5722$  (Eulerova konstanta).

Pro variační koeficient  $v_W$  pro 30leté období pozorování extrémního větru rovný 0,12 je  $K_{sp} = 0,114$ .

POZNÁMKA 3 Předpokládá se, že reprezentativní hodnota variačního koeficientu  $v_W$  pro tlak větru v Evropě je 0,24. Tento variační koeficient, odpovídající velmi dlouhému období pozorování, vede k doporučené hodnotě  $K_{sp}$  v ČSN EN 1991-1-4 ( $K_{sp} = 0,2$ ).

Pro  $T = 3$  roky je možné pomocí  $C_T$  převést extrémní rychlost větru  $V_{50}$  na jmenovitou rychlost větru  $V_3$ .

Všechny hodnoty  $C_T$  v tabulce B.1 pro 2, 3, 10, 50, 150 a 500 let jsou získány s  $K_{sp} = 0,114$ .

$C_T^2$  lze použít přímo pro stanovení dílčích součinitelů zatížení, příslušných k jednotlivým úrovním spolehlivosti, protože zatížení větru  $Q_{WT}$  je přímo úměrné druhé mocnině rychlosti větru  $V_T$ .  $C_T^2$  v tabulce B.1 představuje teoretickou hodnotu dílčích součinitelů zatížení větrem  $\gamma_W$ :

$$Q_{WT} = \gamma_W Q_{50}$$

POZNÁMKA 4 Rovnice udává vztah mezi extrémním zatížením větrem s dobou návratu 50 let a extrémním zatížením větrem s dobou návratu  $T$  let. Platí pro síly, způsobené větrem s extrémní i střední rychlostí větru za podmínky, že součinitel aerodynamického odporu nezávisí na rychlosti větru.

POZNÁMKA 5 Hodnoty dílčích součinitelů zatížení větrem  $\gamma_W$  jsou uvedeny v 4.13 v tabulkách 4.14 a 4.15 (shodují se s hodnotami  $\gamma_W$  v tabulce B.1). Při výpočtech rychlostí větru se použijí převodní součinitele, vypočtené z hodnot dílčích součinitelů zatížení větrem  $\gamma_W$ ,  $C_T^2 = \gamma_W$ ,  $C_T = \sqrt{\gamma_W}$ . Jmenovitá rychlost větru  $V_3$  s dobou návratu 3 roky se vypočte z rychlosti větru s dobou návratu 50 let vynásobením převodním součinitelem  $C_T = \sqrt{C_T^2} = \sqrt{0,58} \cong 0,76$  (viz tabulka B.1).

V případě doby návratu 3 roky se při výpočtu kombinovaného zatížení extrémní námrazou a jmenovitým větrem použije součinitel pro kombinační hodnotu zatížení větrem  $\Psi_W$ :

$$q_p = \Psi_W q_{p50}$$

POZNÁMKA 6 Rovnice udává vztah mezi maximálním tlakem větru s dobou návratu 50 let  $q_{p50}$  a maximálním tlakem větru při námraze  $q_p$ . Rovnice  $Q_{W3} = \Psi_W Q_{50}$  v příloze B.2 ČSN EN 50341-1 pro sílu  $Q_{W3}$  (správně  $Q_{W1}$ ) při kombinovaném zatížení extrémní námrazou a větrem s nízkou pravděpodobností neplatí, protože při námraze je obecně větší průmět plochy uvažované složky vedení do roviny kolmé na směr větru a jiná hodnota součinitele aerodynamického odporu.

Tabulka B.1 – Převodní součinitele pro různé doby návratu rychlosti větru

Úroveň spolehlivosti	Doba návratu $T$ [roky]	Převodní součinitel $C_T = V_T/V_{50}$	$C_T^2$	Dílčí součinitel $\gamma_w$	Součinitel pro kombinační hodnotu $\Psi_w$
(Dočasná vedení)	2	0,72	0,52	0,52	
Jmenovitý vítr	3	0,76	0,58	-	0,29 (pro $B^2 = 0,50$ ) 0,25 (pro $B^2 = 0,43$ )
(Dočasná vedení)	5	0,81	0,66	0,66	
(Dočasná vedení)	10	0,87	0,76	0,75	
1 (referenční)	50	1,00	1,00	1	-
2	150	1,09	1,18	1,2	-
3	500	1,18	1,40	1,4	-

POZNÁMKA 7 Při výpočtech zatížení větrem podle této normy se používají hodnoty dílčích součinitelů zatížení větrem  $\gamma_w$  a hodnoty součinitelů pro kombinační hodnotu zatížení větrem  $\Psi_w$ , uvedené v 4.13 v tabulkách 4.14 a 4.15. Součinitel  $\Psi_w$  zahrnuje kromě převodního součinitele  $C_T^2$  také vliv redukčního součinitele pro rychlost větru při námraze  $B_1$  (tj.  $B_1^2$  pro tlak větru při námraze). Pro trvalá vedení 220 a 400 kV  $B_1 = 0,707$  ( $B_1^2 = 0,50$ ), pro trvalá vedení 110 kV a pro dočasná vedení  $B_1 = 0,656$  ( $B_1^2 = 0,43$ ). Hodnoty součinitelů, uvedené v tabulkách 4.14 a 4.15, se shodují s hodnotami součinitelů v tabulce B.1 s těmito výjimkami:

- Hodnota součinitele pro kombinační hodnotu zatížení větrem  $\Psi_w = 0,22$  pro dočasná vedení s dobou instalace nejvýše 3 dny v tabulce 4.15, kde v kombinaci s extrémní námrazou (s dobou návratu 2 roky) je uvažována rychlost větru  $V_{IH} = V_2 B_1$  a nikoliv  $V_3 B_1$ ;
- Hodnota dílčího součinitele zatížení větrem  $\gamma_w$  pro dočasná vedení ve větrné oblasti I se základní rychlostí větru 22,5 m/s, kde hodnota součinitele  $\gamma_w = 0,79$  vychází z požadavku, že pro dočasná vedení s dobou instalace delší než 3 dny se nemá uvažovat základní rychlost větru menší než 20 m/s.

### B.3 Vyhodnocení údajů o extrémních zatíženích námrazou

Extrémní zatížení námrazou  $I_T$  je zatížení námrazou s dobou návratu  $T$ , odpovídající úrovni spolehlivosti, zvolené pro venkovní vedení.

Extrémní zatížení námrazou může být vypočteno podle Gumbelova rozdělení extrémů, které vychází ze střední hodnoty  $I_{mm}$  (střední hodnota maximálních ročních zatížení námrazou  $I_m$ ), variačního koeficientu  $v_1$  pro maximální roční zatížení a počtu let  $n$  s ročními maximálními hodnotami. Je-li  $n < 10$ , použije se hodnota  $n = 10$ .

Tabulka B.2 udává součinitele pro převod extrémních zatížení na jiné doby návratu. Pro tento převod jsou použity hodnoty  $v_1 = 0,7$  a  $n = 10$  roků. Pro výpočet jmenovitého zatížení námrazou  $I_3$  (s vysokou pravděpodobností výskytu), definovaného v 4.6.6.2, se má použít doba návratu  $T = 3$  roky.

Součinitelé zatížení v tabulce B.2 představují teoretické hodnoty dílčích součinitelů zatížení námrazou  $\gamma_1$ .

$$I_T = \gamma_1 I_{50}$$

a v případě doby návratu 3 roky součinitel pro kombinační hodnotu zatížení námrazou  $\Psi_1$ :

$$I_3 = \Psi_1 I_{50}$$

POZNÁMKA 1 Při výpočtech zatížení námrazou podle této normy se používají hodnoty dílčích součinitelů zatížení  $\gamma_1$  a hodnota součinitele pro kombinační hodnotu zatížení námrazou  $\Psi_1$  při rychlosti větru  $V_L$ , uvedené v 4.13 v tabulkách 4.14 a 4.15, které se shodují s hodnotami v tabulce B.2.

Tabulka B.2 – Převodní součinitele pro různé doby návratu zatížení námrazou

Úroveň spolehlivosti	Doba návratu $T$ [roky]	Poměr extrémů $h/l_{mm}$	Převodní součinitel $C_T = h/l_{50}$	Dílčí součinitel $\gamma_1$	Součinitel pro kombinační hodnotu $\Psi_1$
(Dočasná vedení)	2	0,91	0,26	0,26	
Jmenovité zatížení námrazou	3	1,30	0,37	-	0,35
(Dočasná vedení)	5	2,29	0,50	0,50	
(Dočasná vedení)	10	2,82	0,65	0,65	
1 (referenční)	50	3,51	1,00	1,0	-
2	150	4,33	1,23	1,25	-
3	500	5,22	1,49	1,5	-

POZNÁMKA 2 Příloha B ČSN EN 50341-1 dále uvádí v článku B.4 termíny pro statistické parametry námrazy a v článku B.5 pokyny pro vyhodnocení extrémního zatížení námrazou z různých zdrojů údajů. Tyto články nejsou do podnikové normy zařazeny a odkazuje se na ČSN EN 50341-1. Extrémní referenční zatížení námrazou  $l_{R50}$ , uvedená v 4.5.1.3, byla stanovena na základě statistického zpracování naměřených hodnot zatížení námrazou (ročních maximálních zatížení námrazou  $l_m$ ).

## Příloha C (informativní)

### Příklady určení zatížení větrem – Zvláštní síly

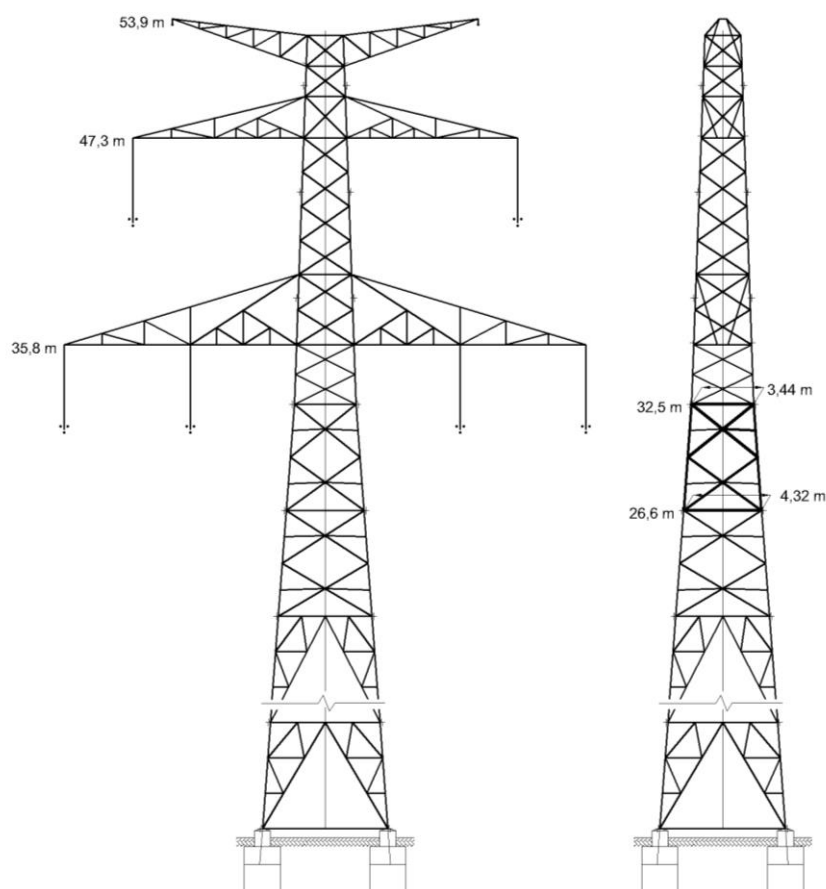
#### C.1 Příklady použití výpočtů zatížení větrem, definovaných v 4.3, 4.4 a 4.6

##### C.1.1 Příklad 1: Typický nosný příhradový stožár dvojitého vedení 400 kV v přímé trase

POZNÁMKA 1 ČSN EN 50341-1 uvádí v příloze C v článku C.1.1 příklad výpočtu zatížení větrem pro typický dřevěný sloup vedení 24 kV v přímé trase. Protože PNE 33 3300 je určena pouze pro vedení o jmenovitém napětí nad 45 kV, je v této normě příklad z ČSN EN 50341-1 nahrazen příkladem výpočtu zatížení větrem pro typický nosný příhradový stožár dvojitého vedení 400 kV v přímé trase.

#### Popis:

- dvojitě vedení
- větrové rozpětí: 400 m
- fázový vodič: 3 x 490-AL1/64-ST1A průměr 1 lana: 30,6 mm
- dvojitě nosné izolátorové závěsy délka závěsu (do osy svazku): 4,7 m
- zemnicí lano: 183-AL1/43-ST1A průměr lana: 19,53 mm
- nosný závěs zemnicího lana délka závěsu: 0,3 m
- nosný příhradový stožár pro dvojitě vedení s uspořádáním fázových vodičů do trojúhelníku (konfigurace Dunaj), typ N+8 (viz obrázek C.1)



Obrázek C.1 – Nosný stožár dvojitého vedení 400 kV konfigurace Dunaj, typ N+8

**Údaje a výpočet krok po kroku:**

$V_{b,0} = 27,5 \text{ m s}^{-1}$	Základní rychlost větru	(4.3.1.2)
$z_0 = 0,05 \text{ m}$	Parametr drsnosti terénu pro kategorii terénu II	(4.3.2)
$k_r = 0,189$	Součinitel terénu pro kategorii terénu II	(4.3.2)
	Referenční výška nad zemí	(4.3.2)
$c_{dir} = 1$	Součinitel směru větru	(4.3.2)
$c_o = 1$	Součinitel orografie	(4.3.2)

Referenční výšky vodičů nad zemí (výšky závěsných bodů jednotlivých vodičů na podpěrném bodu)

$h = 35,8 - 4,7 = 31,1 \text{ m}$	Referenční výška nad zemí pro dolní fázové vodiče	(4.4.1.1)
$h = 47,3 - 4,7 = 42,6 \text{ m}$	Referenční výška nad zemí pro horní fázové vodiče	(4.4.1.1)
$h = 53,9 - 0,3 = 53,6 \text{ m}$	Referenční výška nad zemí pro zemnicí lana	(4.4.1.1)

Výpočet síly větru na dolní fázový vodič bez námrazy

Úroveň spolehlivosti: 2

$$V_h(h) = V_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_o \cdot k_r \ln(h/z_0) = 33,44 \text{ m s}^{-1} \quad \text{Střední rychlost větru} \quad (4.3.2)$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg m}^{-3} \quad \text{Hustota vzduchu} \quad (4.3.3)$$

$$q_h(h) = \frac{1}{2} \rho V_h^2(h) = 698,7 \text{ Pa} \quad \text{Střední tlak větru} \quad (4.3.3)$$

$$I_v(h) = 1 / [c_o \ln(h/z_0)] = 0,155 \quad \text{Intenzita turbulence} \quad (4.3.4)$$

$$q_p(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_h(h) = 1459 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru} \quad (4.3.4)$$

$$L_1 = 420 \text{ m} \quad \text{Délka sousedního rozpětí před stožárem} \quad (4.4.1.1)$$

$$L_2 = 380 \text{ m} \quad \text{Délka sousedního rozpětí za stožárem} \quad (4.4.1.1)$$

$$L_m = (L_1 + L_2)/2 = 400 \text{ m} \quad \text{Střední délka sousedních rozpětí} \quad (4.4.1.2)$$

$$L(h) = 300 \left( \frac{h}{200} \right)^{0,67+0,05 \ln(z_0)} = 113,9 \text{ m} \quad \text{Měřitko délky turbulence} \quad (4.4.1.2)$$

$$B^2 = \frac{1}{1 + \frac{3}{2} \times \frac{L_m}{L(h)}} = 0,160 \quad \text{Součinitel odezvy pozadí} \quad (4.4.1.2)$$

$$G_c = \frac{1 + 6 I_v(h) \sqrt{B^2}}{1 + 7 I_v(h)} = 0,657 \quad \text{Součinitel konstrukce} \quad (4.4.1.2)$$

POZNÁMKA 2 Hodnota uvedená v tabulce 4.3 je pro  $z_0 = 0,05 \text{ m}$ ,  $L_m = 400 \text{ m}$  a  $h = 30 \text{ m}$  rovná 0,66.

$$\phi = 0 \quad \text{Úhel náběhu} \quad (4.4.1.1)$$

$$C_c = 1 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu pro vodiče} \quad (4.4.1.3)$$

$$d = 30,6 \text{ mm} (0,0306 \text{ m}) \quad \text{Průměr vodiče} \quad (4.4.1.1)$$

$$Q_{wc\_v} = q_p(h) G_c C_c d \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 11\,738 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého} \quad (4.4.1.1)$$

díličního vodiče svazku na dolní konzole pro  $T = 50 \text{ let}$

$$\gamma_w = 1,2 \quad \text{Díliční součinitel zatížení větrem (pro úroveň spolehlivosti 2)} \quad (4.13.1)$$

$$Q_{WT} = \gamma_w Q_{w50} \quad (3.6.2)$$

$$Q_{wc\_v(T=150)} = \gamma_w Q_{wc\_v(50)} = 1,2 \times 11\,738 = 14\,086 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého} \quad (4.4.1.1)$$

díličního vodiče svazku na dolní konzole pro  $T = 150 \text{ let}$  (ÚS 2)

počet dílčích vodičů ve svazku: 3 (4.4.1.1)

$$Q_{Wc\_V(150)} \times 3 = 14\,086 \times 3 = 42\,258 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého fázového vodiče na dolní konzole pro ÚS 2} \quad (4.4.1.1)$$

#### Síla větru na horní fázový vodič bez námrazy

Stejným postupem výpočtu pro referenční výšku vodiče  $h = 42,6 \text{ m}$

Výsledky:

$$V_h(h) = 35,07 \text{ m/s} \quad q_h(h) = 768,7 \text{ Pa} \quad I_v(h) = 0,148 \quad q_p(h) = 1566 \text{ Pa} \quad G_c = 0,677$$

$$Q_{Wc\_V(50)} = 12\,986 \text{ N} \quad Q_{Wc\_V(150)} = 1,2 \times 12\,986 \text{ N} = 15\,583 \text{ N} \text{ (pro 1 lano svazku)}$$

$$Q_{Wc\_V(150)} = 3 \times 15\,583 \text{ N} = 46\,749 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého fázového vodiče na horní konzole pro ÚS 2}$$

#### Síla větru na zemnicí lano bez námrazy

Stejným postupem výpočtu pro referenční výšku vodiče  $h = 53,6 \text{ m}$  a jednoduchý vodič o průměru  $d = 19,53 \text{ mm}$  (0,01953 m)

Výsledky:

$$V_h(h) = 36,26 \text{ m/s} \quad q_h(h) = 821,9 \text{ Pa} \quad I_v(h) = 0,143 \quad q_p(h) = 1647 \text{ Pa} \quad G_c = 0,692$$

$$Q_{Wc\_V(50)} = q_p(h) G_c C_c d \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 8\,898 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého zemnicího lana pro } T = 50 \text{ let}$$

$$Q_{Wc\_V(150)} = 1,2 \times 8\,898 = 10\,678 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého zemnicího lana pro úroveň spolehlivosti 2}$$

#### Síla větru na izolátorový závěs

Dvojitý nosný izolátorový závěs, orientovaný kolmo na podélnou osu konzol

#### *Síla větru na izolátorový závěs na dolní konzole*

$$h = 35,8 \text{ m} \quad \text{Referenční výška nad zemí pro izolátorový závěs} \quad (4.4.2)$$

$$V_h(h) = V_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_o \cdot k_r \ln(h/z_0) = 34,17 \text{ m s}^{-1} \quad \text{Střední rychlost větru} \quad (4.3.2)$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg m}^{-3} \quad \text{Hustota vzduchu} \quad (4.3.3)$$

$$q_h(h) = \frac{1}{2} \rho V_h^2(h) = 729,6 \text{ Pa} \quad \text{Střední tlak větru} \quad (4.3.3)$$

$$I_v(h) = 1 / [C_o \ln(h/z_0)] = 0,152 \quad \text{Intenzita turbulence} \quad (4.3.4)$$

$$q_p(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_h(h) = 1507 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru} \quad (4.3.4)$$

$$G_{ins} = 1 \quad \text{Součinitel konstrukce pro izolátory} \quad (4.4.2)$$

$$C_{ins} = 1,2 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu větru pro izolátory} \quad (4.4.2)$$

$$A_{ins} = 0,9 \text{ m}^2 \quad \text{Návětrná plocha izolátorového závěsu} \quad (4.4.2)$$

$$Q_{Wins(50)} = q_p(h) G_{ins} C_{ins} A_{ins} = 1628 \text{ N} \quad \text{Síla větru na podpěrný bod od každého izol. závěsu na dolní konzole pro } T = 50 \text{ let} \quad (4.4.2)$$

$$\gamma_w = 1,2 \quad \text{Dílčí součinitel zatížení větrem (pro úroveň spolehlivosti 2)} \quad (4.13.1)$$

$$Q_{Wins(T=150)} = \gamma_w Q_{Wins(50)} = 1,2 \times 1628 = 1954 \text{ N} \quad \text{Síla větru na podpěrný bod od každého izol. závěsu na dolní konzole pro } T = 150 \text{ let (ÚS 2)} \quad (3.6.2)$$

#### *Síla větru na izolátorový závěs na horní konzole*

Stejným postupem výpočtu pro referenční výšku izol. závěsu  $h = 47,3 \text{ m}$

$$Q_{Wins(50)} = 1731 \text{ N} \quad Q_{Wins(150)} = 2077 \text{ N} \quad \text{Síla větru na podpěrný bod od každého izol. závěsu na horní konzole pro } T = 150 \text{ let (ÚS 2)}$$



Síla větru na pole příhradového stožáru

Výpočet pro pole stožáru, vyznačené na obrázku C.1, pro vítr ve směru podélné osy konzol

$$b_1 = 3,44 \text{ m}, b_2 = 4,32 \text{ m} \quad \text{Horní a spodní šířka pole stožáru} \quad (4.4.3.2)$$

$$h = 5,9 \text{ m} \quad \text{Délka pole stožáru} \quad (4.4.3.2)$$

$$h = 29,5 \text{ m} \quad \text{Výška geometrického středu uvažovaného pole stožáru nad zemí} \quad (4.4.3.2)$$

$$V_h(h) = V_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_o \cdot k_r \ln(h/z_0) = 33,16 \text{ m s}^{-1} \quad \text{Střední rychlost větru} \quad (4.3.2)$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg m}^{-3} \quad \text{Hustota vzduchu} \quad (4.3.3)$$

$$q_h(h) = \frac{1}{2} \rho V_h^2(h) = 687,3 \text{ Pa} \quad \text{Střední tlak větru} \quad (4.3.3)$$

$$I_v(h) = 1 / [c_o \ln(h/z_0)] = 0,157 \quad \text{Intenzita turbulence} \quad (4.3.4)$$

$$q_p(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_h(h) = 1441 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru} \quad (4.3.4)$$

$$G_t = 0,9 \quad \text{Součinitel konstrukce pro příhradový stožár} \quad (4.4.3.2)$$

$$A_{t1} = 3,89 \text{ m}^2 \quad \text{Účinná plocha prvků čelní stěny 1 panelu příhradového stožáru} \quad (4.4.3.2)$$

$$\chi = A_t \frac{2}{h(b_1 + b_2)} = 0,170 \quad \text{Součinitel plnosti} \quad (4.4.3.2)$$

$$C_{t1} = 3,96 (1 - 1,5 \chi + \chi^2) = 3,06 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu pro čelní stěnu 1 panelu stožáru} \quad (4.4.3.2)$$

$$\phi = 0 \quad \text{Úhel mezi směrem větru a podélnou osou konzol} \quad (4.4.3.2)$$

$$Q_{wt} = q_p(h) G_t (1 + 0,2 \sin^2 2\phi) (C_{t1} A_{t1} \cos^2 \phi + C_{t2} A_{t2} \sin^2 \phi) = 15\,438 \text{ N} \quad (4.4.3.2)$$

**Síla větru na uvažované pole příhradového stožáru pro  $T = 50$  let**

$$\gamma_w = 1,2 \quad \text{Dílčí součinitel zatížení větrem (pro úroveň spolehlivosti 2)} \quad (4.13.1)$$

$$Q_{wt(T=150)} = \gamma_w Q_{wt(50)} = 1,2 \times 15\,438 = 18\,526 \text{ N} \quad (3.6.2)$$

**Síla větru na uvažované pole příhradového stožáru pro  $T = 150$  let (ÚS 2)**

Síla větru na fázové vodiče s námrazou – extrémní zatížení námrazou  $h$  kombinované s rychlostí větru s vysokou pravděpodobností  $V_{IH}$

$$\text{Námrazová oblast:} \quad \text{I-2} \quad (4.5.1.2)$$

$$I_{R50} = 17,53 + 0,070 d = 19,672 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní referenční zatížení námrazou pro vodič s } d > 30 \text{ mm} \quad (4.5.1.3)$$

$$K_{lc} = 1 \quad \text{Součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$K_h(h) = 1 \quad \text{Součinitel výšky pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$I_{50} = K_{lc} K_h(h) I_{R50} = 19,672 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní zatížení námrazou pro dobu návratu } T = 50 \text{ let} \quad (4.5.1.3)$$

$$\gamma_l = 1,25 \quad \text{Součinitel zatížení námrazou (pro úroveň spolehlivosti 2)} \quad (4.13.1)$$

$$I = \gamma_l I_{50} = 24,590 \text{ N/m} \quad \text{Zatížení námrazou pro aktuální kombinaci} \quad (4.6.6.1)$$

$$\rho_l = 500 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Hustota námrazy} \quad (4.6.2)$$

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 I}{9,81 \pi \rho_l}} = 0,0856 \text{ m} \quad \text{Ekvivalentní průměr vodiče pokrytého námrazou} \quad (4.6.4)$$

*Fázový vodič na spodní konzole*

$$h = 31,1 \text{ m} \quad \text{Referenční výška nad zemí pro dolní fázové vodiče} \quad (4.4.1.1)$$

$\Psi_W = 0,29$  Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení větrem (4.6.6.1, 4.13.1)  
(pro trvalá vedení 220 a 400 kV)

$V_{IH} = V_{50} \sqrt{\Psi_W}$  Rychlost větru s vysokou pravděpodobností při námraze (4.6.6.1)

$q_{lh} = \frac{1}{2} \rho V_{IH}^2 = \frac{1}{2} \rho (V_{50} \sqrt{\Psi_W})^2 = \frac{1}{2} \rho V_{50}^2 \Psi_W = q_h \Psi_W = 698,7 \times 0,29 = 202,6 \text{ Pa}$  (4.6.3)

**Střední tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci  $h + V_{IH}$**

$q_{lp}(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_{lh}(h) = 423,1 \text{ Pa}$  **Maximální tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci  $h + V_{IH}$**  (4.6.3)

$C_{ic} = 1,1$  Součinitel aerodynamického odporu pro vodič pokrytý námrazou (4.6.2)

$G_c = 0,657$  Součinitel konstrukce (hodnota jako u neomrzlého vodiče) (4.4.1.2)

$Q_{Wc\_v} = q_{lp}(h) G_c C_{ic} D \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 10\,469 \text{ N}$  **Síla větru na stožár od každého omrzlého dílčího vodiče svazku na dolní konzole pro kombinaci  $h + V_{IH}$  pro ÚS 2** (4.6.5)

počet dílčích vodičů ve svazku: 3 (4.4.1.1)

$Q_{Wc\_v} \times 3 = 10\,469 \times 3 = 31\,407 \text{ N}$  **Síla větru na stožár od každého omrzlého fázového vodiče na dolní konzole pro kombinaci  $h + V_{IH}$  pro ÚS 2**

*Fázový vodič na horní konzole*

Stejným postupem výpočtu pro referenční výšku vodiče  $h = 42,6 \text{ m}$

Výsledky:  $q_{lh} = 222,9 \text{ Pa}$   $q_{lp} = 454,2 \text{ Pa}$   $G_c = 0,677$

$Q_{Wc\_v} \times 3 = 11\,582 \times 3 = 34\,746 \text{ N}$  **Síla větru na stožár od každého omrzlého fázového vodiče na horní konzole pro kombinaci  $h + V_{IH}$  pro ÚS 2**

Síla větru na fázové vodiče s námrazou – jmenovité zatížení námrazou  $I_3$  kombinované s rychlostí větru s nízkou pravděpodobností  $V_{IL}$

Námrazová oblast: I-2 (4.5.1.2)

$I_{R50} = 17,53 + 0,070 d = 19,672 \text{ N/m}$  **Extrémní referenční zatížení námrazou pro vodič s průměrem  $d > 30 \text{ mm}$**  (4.5.1.3)

$K_{ic} = 1$  Součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou (4.5.1.3)

$K_h(h) = 1$  Součinitel výšky pro zatížení námrazou (4.5.1.3)

$I_{50} = K_{ic} K_h(h) I_{R50} = 19,672 \text{ N/m}$  **Extrémní zatížení námrazou pro dobu návratu  $T = 50 \text{ let}$**  (4.5.1.3)

$\Psi_I = 0,35$  Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení námrazou (4.6.6.2, 4.13.1)

$I_3 = \Psi_I I_{50} = 6,885 \text{ N/m}$  **Jmenovité zatížení námrazou na jednotku délky vodiče** (4.6.6.2)

$I = I_3 = 6,885 \text{ N/m}$  Zatížení námrazou pro aktuální kombinaci (4.6.6.2)

$\rho = 500 \text{ kg/m}^3$  Hustota námrazy (4.6.2)

$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 I}{9,81 \pi \rho}} = 0,0522 \text{ m}$  **Ekvivalentní průměr vodiče pokrytého námrazou** (4.6.4)

*Fázový vodič na spodní konzole*

$h = 31,1 \text{ m}$  Referenční výška nad zemí pro dolní fázové vodiče (4.4.1.1)

$\gamma_W = 1,20$  Dílčí součinitel zatížení větrem (pro úroveň spolehlivosti 2) (4.13.1)

$V_{IL} = V_T B_I = V_{50} \sqrt{\gamma_W} B_I$  Rychlost větru s nízkou pravděpodobností při námraze (4.6.6.2)

$B^2 = 0,50$  Druhá mocnina součinitele pro rychlost větru při námraze (4.6.6.2, 4.13.1)  
(pro trvalá vedení 220 a 400 kV)

$$q_{lh} = \frac{1}{2} \rho V_{lh}^2 = \frac{1}{2} \rho (V_{50} \sqrt{\gamma_w B})^2 = \frac{1}{2} \rho V_{50}^2 \gamma_w B^2 = q_h \gamma_w B^2 = 698,7 \times 1,2 \times 0,50 = 419,2 \text{ Pa} \quad (4.6.3)$$

**Střední tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci  $l_3 + V_{IL}$  pro ÚS 2**

$$q_{lp}(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_{lh}(h) = 875,4 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru spojený s námrazou} \quad (4.6.3)$$

**pro kombinaci  $l_3 + V_{IL}$  pro ÚS 2**

$$C_{ic} = 1,1 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu pro vodič pokrytý námrazou} \quad (4.6.2)$$

$$G_c = 0,657 \quad \text{Součinitel konstrukce (hodnota jako u neomrzlého vodiče)} \quad (4.4.1.2)$$

$$Q_{wc\_v} = q_{lp}(h) G_c C_{ic} D \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 13\,213 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého} \quad (4.6.5)$$

**omrzlého dílčího vodiče svazku na dolní konzole pro kombinaci  $l_3 + V_{IL}$  pro ÚS 2**

$$\text{počet dílčích vodičů ve svazku: } 3 \quad (4.4.1.1)$$

$$Q_{wc\_v} \times 3 = 13\,213 \times 3 = 39\,639 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého omrzlého fázového vodiče} \\ \text{na dolní konzole pro kombinaci } l_3 + V_{IL} \text{ pro ÚS 2}$$

*Fázový vodič na horní konzole*

Stejným postupem výpočtu pro referenční výšku vodiče  $h = 42,6 \text{ m}$

$$\text{Výsledky: } \quad q_{lh} = 461,2 \text{ Pa} \quad q_{lp} = 939,7 \text{ Pa} \quad G_c = 0,677$$

$$Q_{wc\_v} \times 3 = 14\,617 \times 3 = 43\,851 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého omrzlého fázového vodiče} \\ \text{na horní konzole pro kombinaci } l_3 + V_{IL} \text{ pro ÚS 2}$$

Síla větru na zemnicí lana s námrazou – extrémní zatížení námrazou  $l$  kombinované s rychlostí větru s vysokou pravděpodobností  $V_{IH}$

$$\text{Námrazová oblast: } \quad l-2 \quad (4.5.1.2)$$

$$l_{R50} = 8,661 + 0,3653 d = 15,795 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní referenční zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

**pro vodič s průměrem  $d \leq 30 \text{ mm}$**

$$K_{ic} = 1 \quad \text{Součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$K_h(h) = 1 \quad \text{Součinitel výšky pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$l_{50} = K_{ic} K_h(h) l_{R50} = 15,795 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

**pro dobu návratu  $T = 50 \text{ let}$**

$$\gamma_l = 1,25 \quad \text{Součinitel zatížení námrazou (pro úroveň spolehlivosti 2)} \quad (4.13.1)$$

$$l = \gamma_l l_{50} = 19,744 \text{ N/m} \quad \text{Zatížení námrazou pro aktuální kombinaci} \quad (4.6.6.1)$$

$$\rho = 500 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Hustota námrazy} \quad (4.6.2)$$

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4l}{9,81 \pi \rho_l}} = 0,0742 \text{ m} \quad \text{Ekvivalentní průměr vodiče pokrytého námrazou} \quad (4.6.4)$$

$$h = 53,6 \text{ m} \quad \text{Referenční výška nad zemí pro zemnicí lana} \quad (4.4.1.1)$$

$$\Psi_w = 0,29 \quad \text{Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení větrem} \quad (4.6.6.1, 4.13.1)$$

(pro trvalá vedení 220 a 400 kV)

$$V_{IH} = V_{50} \sqrt{\Psi_w} \quad \text{Rychlost větru s vysokou pravděpodobností při námraze} \quad (4.6.6.1)$$

$$q_{lh} = \frac{1}{2} \rho V_{lh}^2 = \frac{1}{2} \rho (V_{50} \sqrt{\Psi_w})^2 = \frac{1}{2} \rho V_{50}^2 \Psi_w = q_h \Psi_w = 821,9 \times 0,29 = 238,4 \text{ Pa} \quad (4.6.3)$$

**Střední tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci  $l + V_{IH}$**

$$q_{lp}(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_{lh}(h) = 477,5 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru spojený s námrazou} \quad (4.6.3)$$

**pro kombinaci  $l + V_{IH}$**

$$G_c = 0,692 \quad \text{Součinitel konstrukce (hodnota jako u neomrzlého zem. lana)} \quad (4.4.1.2)$$

$$C_{ic} = 1,1 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu pro vodič pokrytý námrazou} \quad (4.6.2)$$

$$Q_{Wc\_v} = q_{p}(h) G_c C_{ic} D \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 10\,786 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého omrzlého zemnicího lana pro kombinaci } h + V_{IH} \text{ pro ÚS 2} \quad (4.6.5)$$

Síla větru na zemnicí lana s námrazou – jmenovité zatížení námrazou  $l_3$  kombinované s rychlostí větru s nízkou pravděpodobností  $V_{IL}$

$$\text{Námrazová oblast: } I-2 \quad (4.5.1.2)$$

$$I_{R50} = 8,661 + 0,3653 d = 15,795 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní referenční zatížení námrazou pro vodič s } d \leq 30 \text{ mm} \quad (4.5.1.3)$$

$$K_{ic} = 1 \quad \text{Součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$K_h(h) = 1 \quad \text{Součinitel výšky pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$I_{50} = K_{ic} K_h(h) I_{R50} = 15,795 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní zatížení námrazou pro dobu návratu } T = 50 \text{ let} \quad (4.5.1.3)$$

$$\Psi_I = 0,35 \quad \text{Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení námrazou} \quad (4.6.6.2)$$

$$l_3 = \Psi_I I_{50} = 5,528 \text{ N/m} \quad \text{Jmenovité zatížení námrazou na jednotku délky vodiče} \quad (4.6.6.2)$$

$$l = l_3 = 5,528 \text{ N/m} \quad \text{Zatížení námrazou pro aktuální kombinaci} \quad (4.6.6.2)$$

$$\rho = 500 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Hustota námrazy} \quad (4.6.2)$$

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4l}{9,81 \pi \rho}} = 0,0426 \text{ m} \quad \text{Ekvivalentní průměr zem. lana pokrytého námrazou} \quad (4.6.4)$$

$$h = 53,6 \text{ m} \quad \text{Referenční výška nad zemí pro zemnicí lana} \quad (4.4.1.1)$$

$$\gamma_w = 1,20 \quad \text{Dílčí součinitel zatížení větrem (pro úroveň spolehlivosti 2)} \quad (4.13)$$

$$V_{IL} = V_T B_I = V_{50} \sqrt{\gamma_w B_I} \quad \text{Rychlost větru s nízkou pravděpodobností při námraze} \quad (4.6.6.2)$$

$$B_I^2 = 0,50 \quad \text{Druhá mocnina součinitele pro rychlost větru při námraze (pro trvalá vedení 220 a 400 kV)} \quad (4.6.6.2, 4.13.1)$$

$$q_{lh} = \frac{1}{2} \rho V_{lh}^2 = \frac{1}{2} \rho (V_{50} \sqrt{\gamma_w B_I})^2 = \frac{1}{2} \rho V_{50}^2 \gamma_w B_I^2 = q_h \gamma_w B_I^2 = 821,9 \times 1,2 \times 0,50 = 493,2 \text{ Pa} \quad (4.6.3)$$

**Střední tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci  $l_3 + V_{IL}$  pro ÚS 2**

$$q_{p}(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_{lh}(h) = 987,9 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci } l_3 + V_{IL} \text{ pro ÚS 2} \quad (4.6.3)$$

$$G_c = 0,692 \quad \text{Součinitel konstrukce (hodnota jako u neomrzlého zem. lana)} \quad (4.4.1.2)$$

$$C_{ic} = 1,1 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu pro vodič pokrytý námrazou} \quad (4.6.2)$$

$$Q_{Wc\_v} = q_{p}(h) G_c C_{ic} D \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 12\,816 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého omrzlého zemnicího lana pro kombinaci } l_3 + V_{IL} \text{ pro ÚS 2} \quad (4.6.5)$$

### C.1.2 Příklad 2: Typický nosný příhradový stožár dvojitého vedení 110 kV v přímé trase

POZNÁMKA 1 ČSN EN 50341-1 uvádí v příloze C v článku C.1.2 příklad výpočtu zatížení větrem pro nosný příhradový stožár vedení 225 kV v přímé trase. V této podnikové normě je tento příklad nahrazen příkladem výpočtu zatížení větrem pro typický nosný příhradový stožár dvojitého vedení 110 kV v přímé trase.

#### Popis:

- dvojitě vedení
- větrové rozpětí: 300 m
- fázový vodič: 3 x 243-AL1/39-ST1A                      průměr 1 lana: 21,84 mm
- dvojitě nosné izolátorové závěsy                      délka závěsu: 1,8 m
- zemnicí lano: OPGW 137-AL3/73-A20SA                      průměr lana: 19,20 mm



Výšky závěsných bodů vodičů na izolátorových závěsech nad zemí

21,9 – 1,8 = 20,1m	výška závěsného bodu vodiče pro fázové vodiče na dolní konzole
25,7 – 1,8 = 23,9m	výška závěsného bodu vodiče pro fázové vodiče na střední konzole
29,5 – 1,8 = 27,7m	výška závěsného bodu vodiče pro fázové vodiče na horní konzole
33,5 – 0,3 = 33,2m	výška závěsného bodu zemnicího lana (= ref. výška zemnicího lana)
	Referenční výška fázových vodičů nad zemí (alternativní metoda) (4.4.1.1)
	$(2 \times 20,1 + 2 \times 23,9 + 2 \times 27,7)/6 = 23,9 \text{ m}$

Výpočet síly větru na fázové vodiče bez námrazy

Úroveň spolehlivosti: 1

$$V_h(h) = V_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_o \cdot k_r \cdot \ln(h/z_0) = 32,07 \text{ m s}^{-1} \quad \text{Střední rychlost větru} \quad (4.3.2)$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg m}^{-3} \quad \text{Hustota vzduchu} \quad (4.3.3)$$

$$q_h(h) = \frac{1}{2} \rho V_h^2(h) = 642,7 \text{ Pa} \quad \text{Střední tlak větru} \quad (4.3.3)$$

$$I_v(h) = 1 / [c_o \ln(h/z_0)] = 0,162 \quad \text{Intenzita turbulence} \quad (4.3.4)$$

$$q_p(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_h(h) = 1372 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru} \quad (4.3.4)$$

$$L_1 = 270 \text{ m} \quad \text{Délka sousedního rozpětí před stožárem} \quad (4.4.1.2)$$

$$L_2 = 330 \text{ m} \quad \text{Délka sousedního rozpětí za stožárem} \quad (4.4.1.2)$$

$$L_m = (L_1 + L_2)/2 = 300 \text{ m} \quad \text{Střední délka sousedních rozpětí} \quad (4.4.1.2)$$

$$L(h) = 300 \left( \frac{h}{200} \right)^{0,67 + 0,05 \ln(z_0)} = 99,35 \text{ m} \quad \text{Měřitko délky turbulence} \quad (4.4.1.2)$$

$$B^2 = \frac{1}{1 + \frac{3}{2} \times \frac{L_m}{L(h)}} = 0,181 \quad \text{Součinitel odezvy pozadí} \quad (4.4.1.2)$$

$$G_c = \frac{1 + 6 I_v(h) \sqrt{B^2}}{1 + 7 I_v(h)} = 0,662 \quad \text{Součinitel konstrukce} \quad (4.4.1.2)$$

POZNÁMKA 3 Hodnota uvedená v tabulce 4.3 je pro  $z_0 = 0,05 \text{ m}$ ,  $L_m = 300 \text{ m}$  a  $h = 25 \text{ m}$  rovná 0,67.

$$\phi = 0 \quad \text{Úhel náběhu} \quad (4.4.1.1)$$

$$C_c = 1 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu pro vodiče} \quad (4.4.1.3)$$

$$d = 21,84 \text{ mm} (0,02184 \text{ m}) \quad \text{Průměr vodiče} \quad (4.4.1.1)$$

$$Q_{Wc_v} = q_p(h) G_c C_c d \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 5 952 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého fázového vodiče (pro ÚS 1)} \quad (4.4.1.1)$$

Síla větru na zemnicí lano bez námrazyStejným postupem výpočtu pro referenční výšku zemnicího lana  $h = 33,2 \text{ m}$  a vodič o průměru  $d = 19,20 \text{ mm}$  (0,01920 m)

$$V_h(h) = 33,77 \text{ m/s} \quad q_h(h) = 713,0 \text{ Pa} \quad I_v(h) = 0,154 \quad q_p(h) = 1481 \text{ Pa} \quad G_c = 0,684$$

$$Q_{Wc_v} = q_p(h) G_c C_c d \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 5 834 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od zemnicího lana (pro ÚS 1)} \quad (4.4.1.1)$$

Síla větru na izolátorové závěsy

Dvojitě nosné izolátorové závěsy, orientované kolmo na podélnou osu konzol

$h = 25,7 \text{ m}$	Referenční výška nad zemí pro izolátorové závěsy (střední výška závěsných bodů izol. závěsů na konzolách)	(4.4.2)
$V_h(h) = V_{b,0} \cdot c_{dir} c_o k_r \ln(h/z_0) = 32,44 \text{ m s}^{-1}$	<b>Střední rychlost větru</b>	(4.3.2)
$\rho = 1,25 \text{ kg m}^{-3}$	Hustota vzduchu	(4.3.3)
$q_h(h) = \frac{1}{2} \rho V_h^2(h) = 657,9 \text{ Pa}$	<b>Střední tlak větru</b>	(4.3.3)
$I_v(h) = 1 / [c_o \ln(h/z_0)] = 0,160$	<b>Intenzita turbulence</b>	(4.3.4)
$q_p(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_h(h) = 1396 \text{ Pa}$	<b>Maximální tlak větru</b>	(4.3.4)
$C_{ins} = 1,2$	Součinitel aerodynamického odporu větru pro izolátory	(4.4.2)
$G_{ins} = 1$	Součinitel konstrukce pro izolátory	(4.4.2)
$A_{ins} = 0,35 \text{ m}^2$	Návětrná plocha izolátorového závěsu	
$Q_{Wins} = q_p(h) G_{ins} C_{ins} A_{ins} = 586 \text{ N}$	<b>Síla větru na podpěrný bod od každého izol. závěsu (pro ÚS 1)</b>	(4.4.2)

#### Síla větru na pole příhradového stožáru

Výpočet pro pole stožáru, vyznačené na obrázku C.2, pro vítr ve směru podélné osy konzol

$b_1 = 0,88 \text{ m}, b_2 = 1,18 \text{ m}$	Horní a spodní šířka pole stožáru	(4.4.3.2)
$h = 5,9 \text{ m}$	Délka pole stožáru	(4.4.3.2)
$h = 15,6 \text{ m}$	Výška geometrického středu uvažovaného pole stožáru nad zemí	(4.4.3.2)
$V_h(h) = V_{b,0} \cdot c_{dir} c_o k_r \ln(h/z_0) = 29,85 \text{ m s}^{-1}$	<b>Střední rychlost větru</b>	(4.3.2)
$\rho = 1,25 \text{ kg m}^{-3}$	Hustota vzduchu	(4.3.3)
$q_h(h) = \frac{1}{2} \rho V_h^2(h) = 556,9 \text{ Pa}$	<b>Střední tlak větru</b>	(4.3.3)
$I_v(h) = 1 / [c_o \ln(h/z_0)] = 0,174$	<b>Intenzita turbulence</b>	(4.3.4)
$q_p(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_h(h) = 1236 \text{ Pa}$	<b>Maximální tlak větru</b>	(4.3.4)
$G_t = 0,9$	Součinitel konstrukce pro příhradový stožár	(4.4.3.2)
$A_{t1} = 1,95 \text{ m}^2$	Účinná plocha prvků čelní stěny 1 panelu příhradového stožáru	(4.4.3.2)
$\chi = A_t \frac{2}{h(b_1 + b_2)} = 0,321$	<b>Součinitel plnosti</b>	(4.4.3.2)
$C_{t1} = 3,96 (1 - 1,5 \chi + \chi^2) = 2,46$	<b>Součinitel aerodynamického odporu pro čelní stěnu 1 panelu stožáru</b>	(4.4.3.2)
$\phi = 0$	Úhel mezi směrem větru a podélnou osou konzol	(4.4.3.2)
$Q_{Wt} = q_p(h) G_t (1 + 0,2 \sin^2 2\phi) (C_{t1} A_{t1} \cos^2 \phi + C_{t2} A_{t2} \sin^2 \phi) = 5 336 \text{ N}$	<b>Síla větru na uvažované pole příhradového stožáru (pro ÚS 1)</b>	(4.4.3.2)

Síla větru na fázové vodiče s námrazou – extrémní zatížení námrazou  $I$  kombinované s rychlostí větru s vysokou pravděpodobností  $V_{IH}$

Námrazová oblast:	I-2	(4.5.1.2)
$I_{R50} = 8,661 + 0,3653 d = 16,639 \text{ N/m}$	<b>Extrémní referenční zatížení námrazou pro vodič s <math>d \leq 30 \text{ mm}</math></b>	(4.5.1.3)
$K_{lc} = 1$	Součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou	(4.5.1.3)
$K_h(h) = 1$	Součinitel výšky pro zatížení námrazou	(4.5.1.3)
$I_{50} = K_{lc} K_h(h) I_{R50} = 16,639 \text{ N/m}$	<b>Extrémní zatížení námrazou pro dobu návratu <math>T = 50 \text{ let}</math></b>	(4.5.1.3)

$$\gamma_1 = 1,0 \quad \text{Součinitel zatížení námrazou (pro úroveň spolehlivosti 1)} \quad (4.13.1)$$

$$I = \gamma_1 I_{50} = 16,639 \text{ N/m} \quad \text{Zatížení námrazou pro aktuální kombinaci} \quad (4.6.6.1)$$

$$\rho = 500 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Hustota námrazy} \quad (4.6.2)$$

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 I}{9,81 \pi \rho_1}} = 0,0693 \text{ m} \quad \text{Ekvivalentní průměr vodiče pokrytého námrazou} \quad (4.6.4)$$

$$h = 23,9 \text{ m} \quad \text{Referenční výška nad zemí pro fázové vodiče} \quad (4.4.1.1)$$

$$\Psi_W = 0,25 \quad \text{Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení větrem (pro trvalá vedení 110 kV a pro dočasná vedení)} \quad (4.6.6.1, 4.13.1)$$

$$V_{IH} = V_{50} \sqrt{\Psi_W} \quad \text{Rychlost větru s vysokou pravděpodobností při námraze} \quad (4.6.6.1)$$

$$q_{lh} = \frac{1}{2} \rho V_{IH}^2 = \frac{1}{2} \rho (V_{50} \sqrt{\Psi_W})^2 = \frac{1}{2} \rho V_{50}^2 \Psi_W = q_h \Psi_W = 642,7 \times 0,25 = 160,7 \text{ Pa} \quad (4.6.3)$$

**Střední tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci  $I + V_{IH}$**

$$q_{lp}(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_{lh}(h) = 343,0 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci  $I + V_{IH}$ } \quad (4.6.3)$$

$$G_c = 0,662 \quad \text{Součinitel konstrukce (hodnota jako u neomrzlých vodičů)} \quad (4.4.1.2)$$

$$C_{ic} = 1,1 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu pro vodič pokrytý námrazou} \quad (4.6.2)$$

$$Q_{Wc\_v} = q_{lp}(h) G_c C_{ic} D \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 5 190 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého omrzlého fázového vodiče pro kombinaci  $I + V_{IH}$  (pro ÚS 1)} \quad (4.6.5)$$

Síla větru na fázové vodiče s námrazou – jmenovité zatížení námrazou  $I_3$  kombinované s rychlostí větru s nízkou pravděpodobností  $V_{IL}$

$$\text{Námrazová oblast:} \quad I-2 \quad (4.5.1.2)$$

$$I_{R50} = 8,661 + 0,3653 d = 16,639 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní referenční zatížení námrazou pro vodič s  $d \leq 30 \text{ mm}$ } \quad (4.5.1.3)$$

$$K_{ic} = 1 \quad \text{Součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$K_h(h) = 1 \quad \text{Součinitel výšky pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$I_{50} = K_{ic} K_h(h) I_{R50} = 16,639 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní zatížení námrazou pro dobu návratu  $T = 50 \text{ let}$ } \quad (4.5.1.3)$$

$$\Psi_I = 0,35 \quad \text{Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení námrazou} \quad (4.6.6.2, 4.13.1)$$

$$I_3 = \Psi_I I_{50} = 5,824 \text{ N/m} \quad \text{Jmenovité zatížení námrazou na jednotku délky vodiče} \quad (4.6.6.2)$$

$$I = I_3 = 5,824 \text{ N/m} \quad \text{Zatížení námrazou pro aktuální kombinaci} \quad (4.6.4)$$

$$\rho = 500 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Hustota námrazy} \quad (4.6.2)$$

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 I}{9,81 \pi \rho_1}} = 0,0446 \text{ m} \quad \text{Ekvivalentní průměr vodiče pokrytého námrazou} \quad (4.6.4)$$

$$h = 23,9 \text{ m} \quad \text{Referenční výška nad zemí pro fázové vodiče} \quad (4.4.1.1)$$

$$\gamma_W = 1,00 \quad \text{Dílčí součinitel zatížení větrem (pro úroveň spolehlivosti 1)} \quad (4.13)$$

$$V_{IL} = V_T B_I = V_{50} \sqrt{\gamma_W B_I} \quad \text{Rychlost větru s nízkou pravděpodobností při námraze} \quad (4.6.6.2)$$

$$B_I^2 = 0,43 \quad \text{Druhá mocnina součinitele pro rychlost větru při námraze (pro trvalá vedení 110 kV a pro dočasná vedení)} \quad (4.6.6.2, 4.13.1)$$

$$q_{lh} = \frac{1}{2} \rho V_{IH}^2 = \frac{1}{2} \rho (V_{50} \sqrt{\gamma_W B_I})^2 = \frac{1}{2} \rho V_{50}^2 \gamma_W B_I^2 = q_h \gamma_W B_I^2 = 642,7 \times 1 \times 0,43 = 276,3 \text{ Pa} \quad (4.6.3)$$

**Střední tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci  $I_3 + V_{IL}$  (pro ÚS 1)**



$$q_{lp}(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_{lh}(h) = 589,9 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci } I_3 + V_{IL} \text{ (pro ÚS 1)} \quad (4.6.3)$$

$$G_c = 0,662 \quad \text{Součinitel konstrukce (hodnota jako u neomrzlých vodičů)} \quad (4.4.1.2)$$

$$C_{ic} = 1,1 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu pro vodič pokrytý námrazou} \quad (4.6.2)$$

$$Q_{wc\_v} = q_{lp}(h) G_c C_{ic} D \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 5 749 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od každého omrzlého fázového vodiče pro kombinaci } I_3 + V_{IL} \quad (4.6.5)$$

Síla větru na zemnicí lano s námrazou – extrémní zatížení námrazou  $h$  kombinované s rychlostí větru s vysokou pravděpodobností  $V_{IH}$

$$\text{Námrazová oblast:} \quad I-2 \quad (4.5.1.2)$$

$$I_{R50} = 8,661 + 0,3653 d = 15,675 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní referenční zatížení námrazou pro vodič s } d \leq 30 \text{ mm} \quad (4.5.1.3)$$

$$K_{lc} = 1 \quad \text{Součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$K_h(h) = 1 \quad \text{Součinitel výšky pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$I_{50} = K_{lc} K_h(h) I_{R50} = 15,675 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní zatížení námrazou pro dobu návratu } T = 50 \text{ let} \quad (4.5.1.3)$$

$$\gamma_1 = 1,0 \quad \text{Součinitel zatížení námrazou (pro úroveň spolehlivosti 1)} \quad (4.13.1)$$

$$I = \gamma_1 I_{50} = 15,675 \text{ N/m} \quad \text{Zatížení námrazou pro aktuální kombinaci} \quad (4.6.4)$$

$$\rho = 500 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Hustota námrazy} \quad (4.6.2)$$

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 I}{9,81 \pi \rho}} = 0,0666 \text{ m} \quad \text{Ekvivalentní průměr vodiče pokrytého námrazou} \quad (4.6.4)$$

$$h = 33,2 \text{ m} \quad \text{Referenční výška nad zemí pro zemnicí lano} \quad (4.4.1.1)$$

$$\Psi_w = 0,25 \quad \text{Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení větrem (pro trvalá vedení 110 kV a pro dočasná vedení)} \quad (4.6.6.1, 4.13.1)$$

$$V_{IH} = V_{50} \sqrt{\Psi_w} \quad \text{Rychlost větru s vysokou pravděpodobností při námraze} \quad (4.6.6.1)$$

$$q_{lh} = \frac{1}{2} \rho V_{IH}^2 = \frac{1}{2} \rho (V_{50} \sqrt{\Psi_w})^2 = \frac{1}{2} \rho V_{50}^2 \Psi_w = q_h \Psi_w = 713 \times 0,25 = 178,2 \text{ Pa} \quad \text{Střední tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci } h + V_{IH} \quad (4.6.3)$$

$$q_{lp}(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_{lh}(h) = 370,2 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci } h + V_{IH} \quad (4.6.3)$$

$$G_c = 0,684 \quad \text{Součinitel konstrukce (hodnota jako u neomrzlého zem. lana)} \quad (4.4.1.2)$$

$$C_{ic} = 1,1 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu pro vodič pokrytý námrazou} \quad (4.6.2)$$

$$Q_{wc\_v} = q_{lp}(h) G_c C_{ic} D \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 5 567 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od omrzlého zemnicího lana pro kombinaci } h + V_{IH} \text{ (pro ÚS 1)} \quad (4.6.5)$$

Síla větru na zemnicí lana s námrazou – jmenovité zatížení námrazou  $I_3$  kombinované s rychlostí větru s nízkou pravděpodobností  $V_{IL}$

$$\text{Námrazová oblast:} \quad I-2 \quad (4.5.1.2)$$

$$I_{R50} = 8,661 + 0,3653 d = 15,675 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní referenční zatížení námrazou pro vodič s } d \leq 30 \text{ mm} \quad (4.5.1.3)$$

$$K_{lc} = 1 \quad \text{Součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$K_h(h) = 1 \quad \text{Součinitel výšky pro zatížení námrazou} \quad (4.5.1.3)$$

$$I_{50} = K_{lc} K_h(h) I_{R50} = 15,675 \text{ N/m} \quad \text{Extrémní zatížení námrazou pro dobu návratu } T = 50 \text{ let} \quad (4.5.1.3)$$

$$\Psi_1 = 0,35 \quad \text{Součinitel pro kombinační hodnotu zatížení námrazou} \quad (4.6.6.2)$$

$$I_3 = \Psi_1 I_{50} = 5,486 \text{ N/m} \quad \text{Jmenovité zatížení námrazou na jednotku délky vodiče} \quad (4.6.6.2)$$

$$I = I_3 = 5,486 \text{ N/m} \quad \text{Zatížení námrazou pro aktuální kombinaci} \quad (4.6.4)$$

$$\rho = 500 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Hustota námrazy} \quad (4.6.2)$$

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 I}{9,81 \pi \rho_1}} = 0,0423 \text{ m} \quad \text{Ekvivalentní průměr zem. lana pokrytého námrazou} \quad (4.6.4)$$

$$h = 33,2 \text{ m} \quad \text{Referenční výška nad zemí pro zemnicí lana} \quad (4.4.1.1)$$

$$\gamma_W = 1,00 \quad \text{Dílčí součinitel zatížení větrem (pro úroveň spolehlivosti 1)} \quad (4.13.1)$$

$$V_{IL} = V_T B_I = V_{50} \sqrt{\gamma_W} B_I \quad \text{Rychlost větru s nízkou pravděpodobností při námraze} \quad (4.6.6.2)$$

$$B_I^2 = 0,43 \quad \text{Druhá mocnina součinitele pro rychlost větru při námraze} \quad (4.6.6.2, 4.13.1) \\ \text{(pro trvalá vedení 110 kV a pro dočasná vedení)}$$

$$q_{lh} = \frac{1}{2} \rho V_{lh}^2 = \frac{1}{2} \rho (V_{50} \sqrt{\gamma_W} B_I)^2 = \frac{1}{2} \rho V_{50}^2 \gamma_W B_I^2 = q_h \gamma_W B_I^2 = 713 \times 1 \times 0,43 = 306,6 \text{ Pa} \quad (4.6.3) \\ \text{Střední tlak větru spojený s námrazou pro kombinaci } I_3 + V_{IL} \text{ (pro ÚS 1)}$$

$$q_{lp}(h) = [1 + 7 I_v(h)] q_{lh}(h) = 636,8 \text{ Pa} \quad \text{Maximální tlak větru spojený s námrazou} \quad (4.6.3) \\ \text{pro kombinaci } I_3 + V_{IL} \text{ (pro ÚS 1)}$$

$$G_c = 0,684 \quad \text{Součinitel konstrukce (hodnota jako u neomrzlého zem. lana)} \quad (4.4.1.2)$$

$$C_{ic} = 1,1 \quad \text{Součinitel aerodynamického odporu pro vodič pokrytý námrazou} \quad (4.6.2)$$

$$Q_{wc\_v} = q_{lp}(h) G_c C_{ic} D \cos^2 \phi (L_1 + L_2) / 2 = 6 086 \text{ N} \quad \text{Síla větru na stožár od omrzlého} \quad (4.6.5) \\ \text{zemnicího lana pro kombinaci } I_3 + V_{IL} \text{ (pro ÚS 1)}$$

## C.2 Zvláštní síly

### C.2.1 Definice symbolů použitých v této příloze C.2

Značka	Význam
$I_{SC2\phi}$	dvoufázový zkratový proud
$I_{SC3\phi}$	třífázový zkratový proud

### C.2.2 Síly způsobené zkratovými proudy

Hlavním problémem při zkratu je nekontrolované kývání vodičů, které vede k jejich nežádoucím dotykům, jejichž výsledkem bývá trvalé vypnutí, jestliže při kývání dojde současně k automatickému opětovnému zapnutí. Zkratové poměry mohou způsobit i mechanické problémy (na podpěrných bodech), avšak méně závažné než ty, které vznikají kýváním vodičů.

Možným řešením problému kývání je použití mezifázových rozpěrek, které omezí pohyb vodičů tím, že je udržují od sebe (potlačují švihání vodičů). Výpočet vyžaduje počítačový program, schopný simulovat síly a pohyby vodičů během a po zkratu.

Mechanickou analýzu venkovních vedení při působení zkratových sil lze provést, pokud je to vyžadováno v PS. Přitom se má uvážit následující.

Zkratová úroveň má být stanovena s ohledem na úrovně, stanovené pro dimenzování spínacích přístrojů.

- Pro informaci, zkratová hladina (třífázový zkratový proud  $I_{SC3\phi}$ ) v rozvodně může překročit následující úrovně:
  - a) 40 kA pro nejvyšší napětí sítě 420 kV;
  - b) 31,5 kA pro nejvyšší napětí sítě 245 kV;
  - c) 20 kA pro nižší napětí.
- Zkratový proud, použitý pro kontrolu, je maximální hodnota, přípustná pro zařízení rozvodny (a to i tehdy, pokud jí není dosaženo v současném stavu rozvoje soustavy), aby byl usnadněn její další rozvoj.

- Při kontrole podpěrných bodů v blízkosti rozvodny se má vzít v úvahu pokles zkratového proudu v důsledku impedance vedení.
- Kontrola podpěrných bodů se ukončí tam, kde zkratový proud poklesne pod výše uvedené úrovně.  
Toto pravidlo se má použít ke kontrole 5 až 10 rozpětí od rozvodny. Nadměrným kýváním vodičů je obvykle zasaženo jen jedno rozpětí a 1 nebo 2 podpěrné body u rozvodny jsou vystaveny mechanickým přetížením, vyvolaným zkratovými proudy.
- Kontrola se má provádět pouze pro dvoufázový zkratový proud  $I_{SC2\phi}$ , protože je nejvíce omezující. V přiblížení

$$I_{SC2\phi} = I_{SC3\phi}$$

Má se vzít v úvahu též snižování zkratového proudu během trvání zkratu v závislosti na elektrických charakteristikách sítě. Doba trvání poruchy by se měla uvažovat s ohledem na použitý typ ochran a možnost nebo nemožnost pokrytí selhání vypínače (při použití polovodičových ochran se vypínací čas vypínače bez poruchy obvykle pohybuje od 80 ms do 200 ms).

### C.2.3 Laviny, sesuv sněhu

Kromě účinků přímých lavin na venkovní vedení by se neměl zanedbat ani účinek lavin z protilehlých svahů údolí. Laviny mohou působit na vodiče a armatury (zvláště v případě prachových lavin), podpěrné body a základy. Sesuv sněhu má být uvažován jako přídavné zatížení základů a spodních částí podpěrných bodů (především ztužujících prvků).

Princip výpočtu zatížení, působených lavinami nebo sesuvy sněhu, nelze zcela definovat a měl by být specifikován v PS. Teplota, která se vyskytuje při lavinách, se může pohybovat v rozsahu od  $-20\text{ °C}$  do  $+10\text{ °C}$ .

Vhodné zatěžovací předpoklady mohou pomoci omezit riziko poškození podpěrných bodů: Například v případě přetržení všech vodičů a zemnicích lan na jedné straně podpěrného bodu by se na druhé straně podpěrného bodu mělo počítat s tahy vodičů a zemnicích lan rovnými jejich pevnostem.

Hodnoty tlaku sesouvajícího se sněhu na ochranná zařízení mohou být uvedeny v PS. Měla by se přijmout ochranná opatření s ohledem na okolní budovy i na konstrukce na protilehlém svahu stejného údolí, které mohou být ovlivněny odchýlenými lavinami nebo sesuvy sněhu.

### C.2.4 Zemětřesení

Protože u příhradových stožárů venkovních vedení je rozhodujícím činitelem obvykle zatížení větrem, lze očekávat seismická zatížení, které mohou vést k přídavným silám, pouze ve velmi aktivních seismických oblastech. Tyto úvahy mohou zahrnovat vlastní dobu kmitu konstrukce, dynamický součinitel soustavy základová půda - konstrukce (závislý na půdních podmínkách), výšku a tíhu podpěrného bodu a rozložení hmotnosti po konstrukci.

Protože vlastní frekvence podpěrného bodu je vyšší než vlastní frekvence vodičů, není zjevně dynamické zatížení, působené vodiči, významné. A naopak, nelze očekávat významné účinky podpěrných bodů na vodiče.

Zrychlení podloží, vyvolané zemětřesením, může ovlivnit návrh tuhých a těžkých betonových konstrukcí. Účinky zemětřesení na výzbroj (armatury, izolátory atd.) se v této příloze neuvažují.

**Příloha D** (informativní)**Statistické údaje pro Gumbelovo rozdělení extrémů**

Příloha D ČSN EN 50341-1 obsahuje návod pro statistické zpracování měřených řad klimatických údajů pomocí Gumbelova rozdělení extrémních hodnot a používá se pro odvození základních referenčních hodnot klimatických veličin a převodních součinitelů. Protože NNA pro ČR (ČSN EN 50341-2-19) k evropské normě ČSN EN 50341-1 a tato podniková norma již základní referenční hodnoty pro výpočet zatížení udávají (základní rychlosti větru  $V_{b,0}$  a extrémní referenční zatížení námrazou  $I_{R50}$ , hodnoty dílčích součinitelů zatížení  $\gamma_w$  a  $\gamma_l$  a hodnoty součinitelů pro kombinační hodnoty zatížení  $\Psi_w$  a  $\Psi_l$ ), příloha D se pro vlastní navrhování vedení přímo nepoužívá a proto není v PNE 33 3300 uvedena. Pro informace se odkazuje na přílohu D v ČSN EN 50341-1:2013.

## Příloha E (informativní)

### Teoretické metody pro výpočet minimálních vzdušných nejkratších vzdáleností

ČSN EN 50341-1:2013 uvádí v normativní příloze E teoretické metody pro výpočet minimálních nejkratších vzdušných vzdáleností  $D_{ei}$  a  $D_{pp}$  v závislosti na 90% výdržném napětí při přepětí s rychlým čelem izolátorových závěsů, instalovaných na vedení (pro vedení 400 kV také v závislosti na 2% přepětí s pomalým čelem mezi fází a zemí) a metody pro výpočet  $D_{50\text{Hz}_p_e}$  a  $D_{50\text{Hz}_p_p}$  v závislosti na nejvyšším napětí sítě.

V NNA pro ČR k ČSN EN 50341-1:2013 (tj. v ČSN EN 50341-2-19) jsou vzdálenosti  $D_{ei}$ ,  $D_{pp}$ ,  $D_{50\text{Hz}_p_e}$  a  $D_{50\text{Hz}_p_p}$  pro používané napěťové hladiny venkovních vedení již stanoveny v článku 5.5.3/CZ.1 (resp. v článku 5.5.3.1 této PNE) a proto se příloha E ČSN EN 50341-1:2013 pro navrhování vedení přímo nepoužívá a není do této PNE převzata. Pro informace se odkazuje na přílohu E v ČSN EN 50341-1:2013.

## **Příloha F (informativní)**

### **Empirické metody pro výpočet vzdáleností v rozpětí**

V informativní příloze F ČSN EN 50341-1:2013 je v F.1 a v F.2 uvedena empirická výpočetní metoda pro určení minimální nejkratší vzdálenosti mezi vodiči v rozpětí (tato metoda se musí použít, není-li v NNA stanoveno jinak) a v F.3 je uveden způsob výpočtu vychýlení izolátorových závěsů vedení působením větru na vodiče a izolátorové závěsy pro určení nejkratších vzdáleností na podpěrném bodu.

V NNA pro ČR k ČSN EN 50341-1:2013 (tj. v ČSN EN 50341-2-19) je pro určení minimální nejkratší vzdálenosti mezi vodiči v rozpětí použita jiná metoda, uvedená v člancích 5.8/CZ.3 a 5.8/CZ.4 (resp. v 5.8.4 a 5.8.5 této PNE), a pro výpočet vychýlení izolátorových závěsů vedení působením větru na vodiče a izolátorové závěsy je použit upravený postup, uvedený v článku 5.8/CZ.5 (resp. v 5.8.6 této PNE). Proto není Příloha F ČSN EN 50341-1:2013 do této PNE převzata.

## Příloha G (normativní)

### Metody výpočtu uzemňovacích soustav

#### G.1 Definice značek použitých v této příloze

Značka	Význam
$A$	Průřez uzemňovacího přívodu nebo zemniče
$G$	Hustota zkratového proudu pro uzemňovací přívod
$I$	Proud vodiče (efektivní hodnota)
$I_B$	Proud procházející tělem
$I_d$	Trvalý proud v uzemňovacím přívodu
$K$	Konstanta závislá na materiálu vodivého prvku
$R_a$	Doplňkový odpor
$R_{a1}$	Odpor, například obuvi
$R_{a2}$	Odpor uzemnění stanoviště
$s$	Obvod pravoúhlého průřezu vodiče
$t_F$	Doba trvání poruchového proudu
$U_D$	Rozdíl napětí působící jako zdroj napětí v dotýkaném obvodu s omezenou hodnotou, která zaručuje bezpečnost osoby používající známé doplňkové odpory (tj. obuv, izolační materiál na povrchu stanoviště)
$U_T$	Dotykové napětí
$U_{Tp}$	Dovolené dotykové napětí, tj. napětí na lidském těle
$Z_B$	Celková impedance lidského těla
$\beta$	Převrácená hodnota teplotního součinitele odporu vodivého prvku při 0 °C
$\theta_i$	Počáteční teplota zemniče
$\theta_F$	Konečná teplota zemniče
$\rho_E$	Rezistivita půdy blízko povrchu

**G.2 Minimální rozměry zemničů****Tabulka G.1 – Minimální rozměry materiálů zemničů**

Materiál		Typ zemniče	Minimální rozměry				
			Jádro			Povlak / plášť	
			Průměr (mm)	Průřez (mm <sup>2</sup> )	Tloušťka (mm)	Jedna hodnota (μm)	Průměrná hodnota (μm)
Ocel	Žárově pozinkovaná s olověným povlakem <sup>a</sup>	pásek <sup>b</sup>		90	3	63	70
		profily (včetně desek)		90	3	63	70
		trubka	5		2	47	55
		tyč	16			63	70
		drát pro vodorovný zemnič	10				50
		drát pro vodorovný zemnič	8			1 000	
	s vytlačovaným Cu pláštěm	tyčový zemnič	15			2 000	
s elektrolytickým Cu povlakem	tyčový zemnič	14,2			90	100	
Měď	holá	pásek		50	2		
		drát pro vodorovný zemnič		25 <sup>c</sup>			
		lano	1,8 <sup>d</sup>	25 <sup>c</sup>			
		trubka	20		2		
	pocínovaná	lano	1,8 <sup>d</sup>	25 <sup>c</sup>		1	5
	galvanická	pásek <sup>b</sup>		50	2	20	40
	s olověným povlakem <sup>a</sup>	lano	1,8 <sup>d</sup>	25 <sup>c</sup>		1 000	
		drát		25 <sup>c</sup>		1 000	

<sup>a</sup> Nevhodné pro přímé uložení do betonu.  
<sup>b</sup> Pásek válcovaný nebo stříhaný se zaoblenými hranami.  
<sup>c</sup> V extrémních podmínkách, kde podle zkušeností je riziko koroze a mechanického namáhání velmi nízké, může být užito 16 mm<sup>2</sup>.  
<sup>d</sup> Průměr jednoho drátu.

**G.3 Výpočet proudové zatížitelnosti**

Pro poruchové proudy s trváním kratším než 5 s může být průřez uzemňovacího svodu nebo zemniče vypočten z následujícího vztahu (viz ČSN IEC 724):

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t_F}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

kde je

- A průřez v mm<sup>2</sup>;
- I proud vodičem v A (efektivní hodnota);
- t<sub>F</sub> trvání poruchového proudu v sekundách;
- K konstanta, závislá na materiálu vodiče. Tabulka G.2 uvádí hodnoty pro většinu obvyklých materiálů;
- β převrácená hodnota teplotního součinitele odporu vodiče při 0 °C (viz tabulka G.2);
- Θ<sub>i</sub> počáteční teplota (°C). Hodnoty lze převzít z přílohy A ČSN IEC 287-3-1. Teplotu okolní půdy v hloubce 1 m lze uvažovat 20 °C;
- Θ<sub>f</sub> konečná teplota (°C).



**Tabulka G.2 – Materiálové konstanty**

Materiál	$\beta$ (°C)	$K (\sqrt{(A.s)}/mm^2)$
Měď	234,5	226
Hliník	228	148
Ocel	202	78

Pro obvyklé podmínky provedení spojů a způsobů uložení (svařované - šroubové, vzduch - země) může být vzata proudová hustota  $G$  z obrázku G.1 pro počáteční teplotu 20 °C a konečnou teplotu až do 300 °C.

Pokud je konečná teplota odlišná od 300 °C, (viz obrázek G.1, křivky 1, 3 a 4), proud může být vypočten pomocí činitele vybraného z tabulky G.3.

Například, nižší konečné teploty jsou doporučeny pro izolované vodiče a vodiče vložené do betonu.

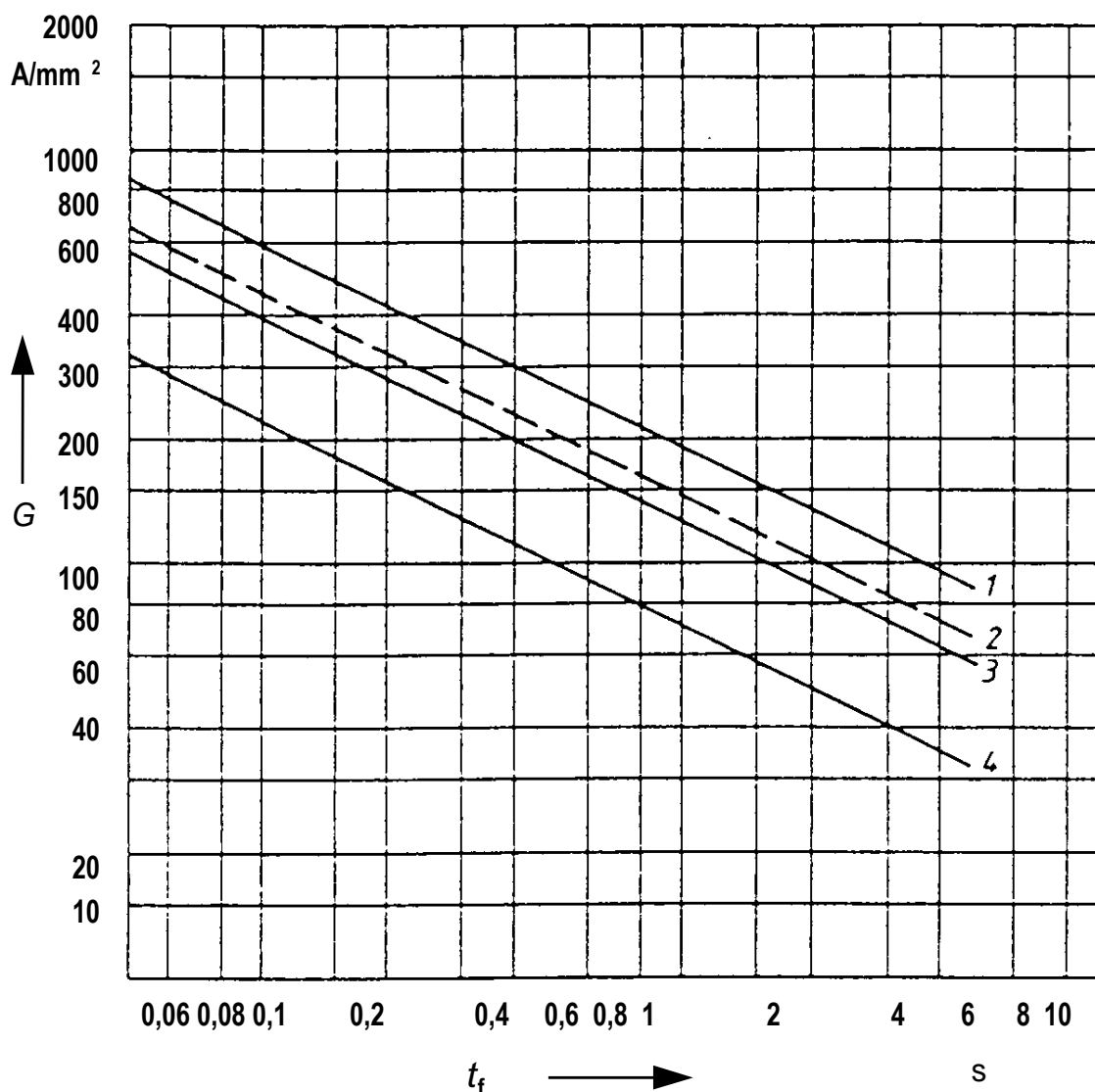
**Tabulka G.3 – Činitelé pro přepočet proudové zatížitelnosti při konečné teplotě 300 °C na jinou konečnou teplotu**

Konečná teplota (°C)	Převodní činitel
400	1,2
350	1,1
300	1,0
250	0,9
200	0,8
150	0,7
100	0,6

Dovolené proudy pro nejčastěji používané průřezy pásků FeZn jsou uvedeny pro počáteční teplotu 20 °C a konečnou teplotu 300 °C v následující tabulce G.4.

**Tabulka G.4 – Dovolené proudy pro pásek FeZn**

$t_F$ [s]	Dovolený proud (A)		
	30x4 mm	40x4 mm	20x5 mm
0,1	26700	35600	22200
0,2	18900	25200	15700
0,3	15400	20500	12800
0,4	13300	17800	11100
0,5	11900	15900	9960
0,6	10900	14500	9090
0,7	10100	13400	8420
0,8	9450	12600	7870
0,9	8910	11800	7420
1	8450	11200	7040



- 1 Měď, holá nebo pozinkovaná
- 2 Měď, pocínovaná nebo s olověným povlakem
- 3 Hliník, pouze uzemňovací přívody
- 4 Galvanizovaná ocel

Závislosti 1, 3 a 4 platí pro konečnou teplotu 300 °C, závislost 2 pro 150 °C. Tabulka G.3 obsahuje činitele pro přepočítání hustoty zkratového proudu příslušné jiným konečným teplotám.

**Obrázek G.1 – Hustota  $G$  zkratového proudu pro zemniče a uzemňovací přívody v závislosti na trvání průtoku poruchového proudu  $t_f$**

#### G.4 Dotykové napětí a proud tělem

##### G.4.1 Rovnocennost mezi dotykovým napětím a proudem tělem

Pro výpočet dovolených hodnot dotykových napětí u zařízení vysokého napětí se vychází z následujících předpokladů:

- dráha proudu z jedné ruky do obou nohou;
- 50% součinitel pravděpodobnosti pro impedanci těla;
- 5% pravděpodobnost fibrilace srdeční komory;
- žádný přídavný odpor.

**POZNÁMKA** Tyto předpoklady vedou na křivku dotykových napětí s odhadovaným přijatelným rizikem, vezme-li se v úvahu vzácný výskyt zemní poruchy v soustavách vysokého napětí a malou pravděpodobnost současné přítomnosti osob.

Za předpokladu, že základem pro výpočet proudu tělem je ČSN IEC/TS 60479-1:2013, kapitola 4, a vezmeme-li v úvahu jako dovolenou mez pro proud křivku  $c_2$  z obrázku 20 (pravděpodobnost srdeční fibrilace menší než 5%, proudová dráha z levé ruky do obou nohou), dostaneme následující výsledek (tabulka G.5):

**Tabulka G.5 – Dovolенý proud tělem  $I_B$  v závislosti na jeho trvání,  $t_F$**

Trvání poruchy $t_F$ (s)	Proud tělem $I_B$ (mA)
0,05	900
0,1	750
0,2	600
0,5	200
1	80
2	60
5	51
10	50

Abychom získali příslušné dotykové napětí, je nezbytné určit celkovou impedanci lidského těla. Tato impedance je závislá na dotykovém napětí a proudové dráze; hodnoty pro dráhu ruka-ruka a ruka-noha jsou uvedeny v tabulce G.6 (pravděpodobnost, že impedance těla je menší nebo rovna udané hodnotě je 50%).

**Tabulka G.6 – Celková impedance lidského těla  $Z_B$  v závislosti na dotykovém napětí  $U_T$  pro proudovou dráhu ruka-ruka nebo ruka-noha**

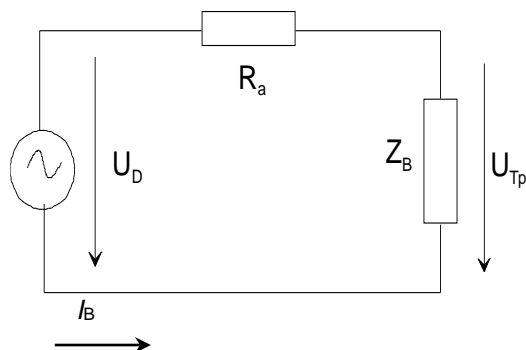
Dotykové napětí $U_T$ (V)	Celková impedance lidského těla $Z_B$ ( $\Omega$ )
25	3 250
50	2 625
75	2 200
100	1 875
125	1 625
220	1 350
700	1 100
1 000	1 050

Vezmeme-li v úvahu proudovou dráhu ruka - obě nohy, je zapotřebí použít korekční činitel 0,75 pro impedanci těla. Kombinací těchto dvou tabulek s uvažováním korekčního činitele je možné pomocí iteračního procesu vypočítat meze dotykového napětí  $U_{TP}$  pro každou dobu trvání poruchy (tabulka G.7).

**Tabulka G.7 – Hodnoty dovoleného dotykového napětí  $U_{TP}$  jako funkce trvání poruchy**

Trvání poruchy $t_F$ (s)	Dovolенé dotykové napětí $U_{TP}$ (V)
0,05	735
0,10	633
0,20	528
0,50	204
1,00	107
2,00	90
5,00	81
10,00	80

### G.4.2 Výpočet s uvažováním přidavných odporů



kde je

$U_{Tp}$  dovolené dotykové napětí, napětí na lidském těle;

$Z_B$  celková impedance těla;

$I_B$  proud procházející lidským tělem;

$U_D$  rozdíl napětí, působící jako napětí zdroje v obvodu dotyku s omezenou hodnotou, která zaručuje bezpečnost osoby při použití známé přidavné rezistance (například boty, izolační materiál na stanovišti);

$R_a$  přidavný odpor ( $R_a = R_{a1} + R_{a2}$ );

$R_{a1}$  například odpor obuvi;

$R_{a2}$  odpor stanoviště vůči zemi.

**Obrázek G.2 – Ekvivalentní obvod pro výpočet dotykového napětí a proudu tělem**

**Tabulka G.8 – Předpoklady výpočtů s přidavnými odpory**

Typ dotyku	Levá ruka – obě nohy
Pravděpodobnostní činitel pro hodnotu $Z_B$	50%
Křivka $I_B = f(t_f)$	$c_2$ v obrázku 20 v ČSN IEC/TS 60479-1
Impedance obvodu	$Z_B (50\%) + R_a$
Přidavný odpor	$R_a = R_{a1} + R_{a2} = R_{a1} + 1,5 \rho_E^{(*)}$
(*) $\rho_E$ je rezistivita půdy blízko povrchu ( $\Omega m$ ) (viz H.2.1)	

#### Způsob výpočtu:

$t_f$  Doba trvání poruchy

⇓

$U_{Tp} = f(t_f)$  Podle tabulky G.5 a tabulky G.7 s použitím interpolace nebo přímo z křivky  $U_{D1}$  na obrázku 6.1

⇓

$Z_B = f(U_{Tp})$  Podle tabulky G.5 a G.7 s použitím interpolace

$I_B = \frac{U_{Tp}}{Z_B}$  Podle definice

⇓

$U_D(t_f) = U_{Tp}(t_f) + (R_{a1} + R_{a2}) I_B = U_{Tp}(t_f) + R_a \frac{U_{Tp}(t_f)}{Z_B} = U_{Tp}(t_f) (1 + \frac{R_a}{Z_B})$

Obrázek 6.1 ukazuje křivky  $U_D = f(t_f)$  pro 4 hodnoty  $R_a$ :

$$R_a = 0 \Omega;$$

$$R_a = 1\,750 \Omega, R_{a1} = 1\,000 \Omega, \rho_E = 500 \Omega\text{m};$$

$$R_a = 4\,000 \Omega, R_{a1} = 1\,000 \Omega, \rho_E = 2\,000 \Omega\text{m};$$

$$R_a = 7\,000 \Omega, R_{a1} = 1\,000 \Omega, \rho_E = 4\,000 \Omega\text{m}.$$

## Příloha H (informativní)

### Provádění a měření uzemňovacích soustav

#### H.1 Definice značek používaných v této příloze

Značka	Význam
$D$	Průměr kruhového zemniče
$d$	Průměr slaného zemniče nebo poloviční šířka zemničního pásku/průměr tyčového zemniče
$I_0$	Nulová složka proudu během poruchy
$I_E$	Proud do země během poruchy
$I_{EW}$	Proud v zemnicím lanu (v ustáleném stavu)
$I_m$	Změřený zkušební proud
$L$	Délka zemničního pásku/délka tyčového zemniče
$R_E$	Odpor uzemnění
$R_t$	Odpor paty stožáru
$r$	Redukční činitel zemnicích lan
$U_E$	Nárůst potenciálu zemniče
$U_{em}$	Změřené napětí mezi uzemňovací soustavou a sondou v oblasti referenční země
$Z_E$	Impedance uzemnění
$Z_{EW-E}$	Vlastní impedance zemničního lana
$Z_{ML-EW}$	Vzájemná impedance mezi fázovými vodiči a zemnicím lanem
$Z_S$	Impedance zemničního lana v jednom rozpětí
$\rho_E$	Rezistivita půdy
$3 I_0$	Součet nulových složek proudu

#### H.2 Podklady pro ověření návrhu

##### H.2.1 Rezistivita půdy

Rezistivita půdy  $\rho_E$  značně kolísá v různých místech podle druhu půdy, povrchové struktury, hustoty a vlhkosti (viz tabulka H.1).

**Tabulka H.1 – Rezistivity půdy pro kmitočty střídavého proudu (rozsah hodnot, které byly často změřeny)**

Typ půdy	Rezistivita půdy $\rho_E$ $\Omega m$
Močál	5 až 40
Hlína, jíl, humus	20 až 200
Písek	200 až 2 500
Štěrkopísek	2 000 až 3 000
Zvětralá skála	Většinou pod 1 000
Pískovec	2 000 až 3 000
Žula	až do 50 000
Moréna	až do 30 000

Až do hloubky několika metrů mohou změny vlhkosti způsobit přechodné změny rezistivity půdy. Dále je zapotřebí uvažovat, že se rezistivita půdy může změnit značně s hloubkou, protože obvykle sestává z různých vrstev zeminy.

## H.2.2 Odpor uzemnění zemniče

Zemní odpor zemniče  $R_E$  závisí na rezistivitě půdy  $\rho_E$  stejně jako na rozměrech a uspořádání zemniče. Je víc závislý více na délce zemniče než na jeho průřezu.

Zemní odpor podpovrchového zemniče  $R_E$  ( $\Omega$ ) se vypočte ze vztahu

$$R_E = \frac{\rho_E}{\pi L} \ln \frac{2L}{d}$$

kde je

$\rho_E$  rezistivita půdy ( $\Omega\text{m}$ );

$L$  délka přímého nebo kruhového zemniče (prstence) z pásku, drátu nebo slaněného vodiče (m);

$d$  polovina šířky zemničního pásku nebo průměr drátu nebo slaněného vodiče (m).

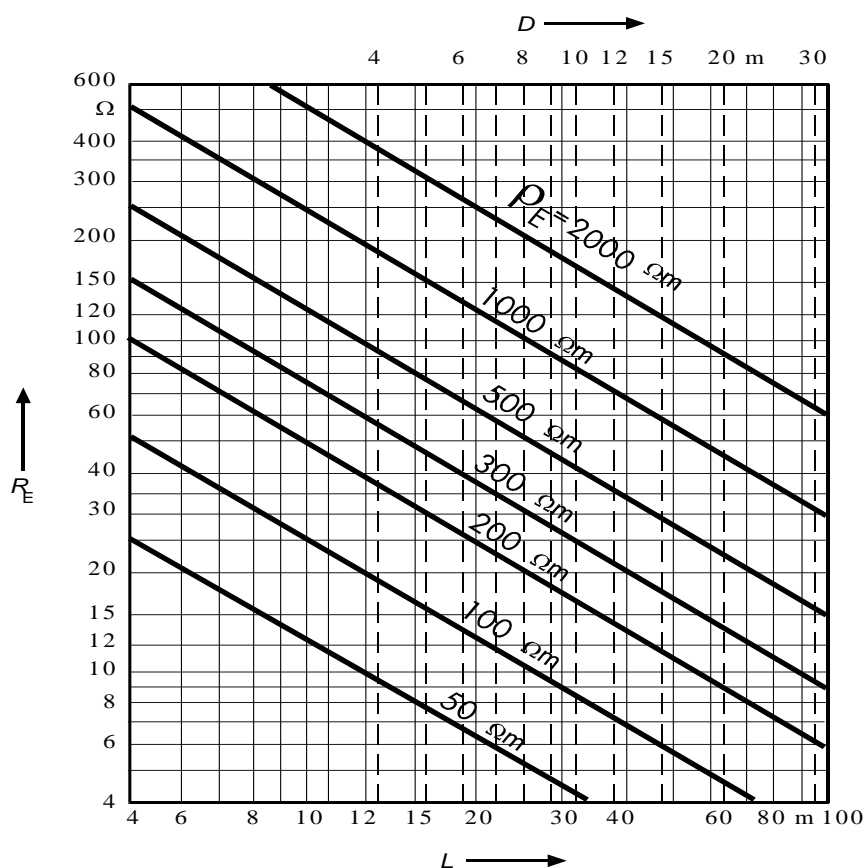
Zemní odpor kruhového zemniče lze po dosazení  $L = \pi D$  vyjádřit vztahem

$$R_E = \frac{\rho_E}{\pi D^2} \ln \frac{2\pi D}{d}$$

kde je

$D$  průměr kruhového zemniče (m).

Obrázek H.1 ukazuje hodnoty  $R_E$  (vypočtené pro  $d = 0,015$  m) v závislosti na délce zemniče  $L$  nebo na průměru kruhového zemniče  $D$ .



**Obrázek H.1 – Odpor uzemnění  $R_E$  povrchových zemničů (z pásku, materiálu kruhového průřezu, lana) ve tvaru paprsku nebo kruhu v homogenní půdě**

U velmi dlouhých vodorovných zemničů (na příklad kabelů působících jako zemniče) zemní odpor klesá s délkou, ale dosahuje konečné hodnoty.

Základové zemniče mohou být považovány za zemniče, uložené v okolní půdě.

Zemní odpor zemniče  $R_E$  ve tvaru mříže je přibližně:

$$R_E = \frac{\rho_E}{2D}$$

kde je

$D$  průměr kruhu (m) o stejné ploše, jako zaujímá zemnicí mříž ( $D = \frac{L}{\pi} = 4 \sqrt{\frac{S_{zm}}{\pi}}$ , kde  $S_{zm}$  je plocha zemnicí mříže v  $m^2$ );

$\rho_E$  rezistivita půdy v  $\Omega m$ .

Zemní odpor tyčového zemniče lze vyjádřit vztahem

$$R_E = \frac{\rho_E}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$$

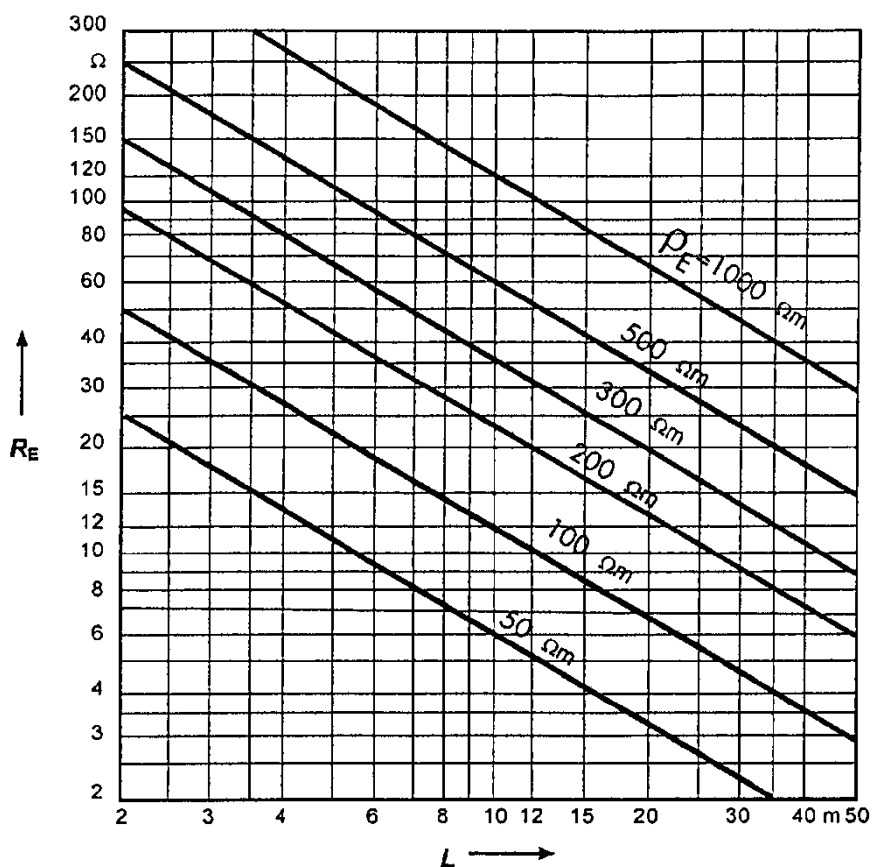
kde je

$\rho_E$  rezistivita půdy ( $\Omega m$ );

$L$  délka tyčového zemniče (m);

$d$  průměr tyčového zemniče (m).

Obrázek H.2 ukazuje hodnoty  $R_E$  (vypočtené pro  $d = 0,020$  m) v závislosti na délce tyčového zemniče  $L$ .



**Obrázek H.2 – Odpor uzemnění  $R_E$  tyčových zemničů umístěných svisle v homogenní půdě**

Při stanovení celkového zemního odporu podpěrného bodu je možné počítat s kombinací zemního odporu základů podpěrného bodu a strojových zemničů. Při použití uzemňovacích soustav, složených z většího počtu jednotlivých zemničů stejného nebo různého druhu, je nutné uvažovat s využitím zemničů. Podrobnosti výpočtu odporu uzemnění uzemňovacích soustav stanoví PS.



### H.3 Zřizování zemničů a uzemňovacích přívodů

#### H.3.1 Zřizování zemničů

##### H.3.1.1 Zemniče

Uzemňovací soustava obecně sestává z několika horizontálních, vertikálních nebo šikmých zemničů, uložených v zemi nebo do země zaražených. Může být také tvořena přímo vlastním stožárem v zemi.

Užití chemikálií na snížení vodivosti půdy se nedoporučuje, protože způsobují korozi, vyžadují pravidelnou údržbu a mají malou životnost.

Vodorovné zemniče mají být obvykle uloženy v hloubce 0,5 až 1 m pod úrovní země. To poskytuje dostatečnou mechanickou ochranu. Doporučuje se zemniče umístit pod zámraznou hloubku.

U svisle zaražených tyčí bude horní konec tyče obvykle pod úrovní povrchu země. Svislé nebo šikmé tyče jsou zvláště výhodné tam, kde odpor půdy klesá s hloubkou.

##### H.3.1.2 Vodorovné zemniče

Vodorovné zemniče se obvykle kladou na dno rýhy nebo základové jámy.

Doporučuje se, aby:

- byly obklopeny lehce udusanou půdou;
- kameny nebo štěrk nemají být v přímém kontaktu se zemničem;
- půda, která působí agresivně na použitý zemnič, má být nahrazena vhodným zásypem.

##### H.3.1.3 Svislé nebo šikmé tyčové zemniče

Svislé nebo šikmé tyčové zemniče jsou zatlačovány do půdy a mají být od sebe vzdáleny alespoň na délku tyče.

K zamezení poškození zemničů při zatlačování do půdy je zapotřebí užít vhodné nástroje.

##### H.3.1.4 Spojování zemničů

Spojky použité pro připojení vodivých částí soustavy zemničů k zemní síti musí být dimenzované tak, aby měly stejnou elektrickou vodivost a mechanickou a tepelnou odolnost jako vlastní zemniče.

Zemniče musí odolávat korozi a nesmí být náchylné k vytváření galvanických článků.

Spojky používané pro spojování zemních tyčí musí mít stejnou mechanickou pevnost jako vlastní tyče a musí odolávat mechanickému namáhání při zatlačování do půdy. Pokud musí být spojovány různé materiály, tvořící galvanické články, které mohou vyvolat elektrochemickou korozi, pak musí být spoje trvanlivým způsobem chráněny proti styku s okolním elektrolytem.

##### H.3.1.5 Umisťování měděných a ocelových zemničů

Měděné zemniče nesmí být umisťovány v menší vzdálenosti než 2 m od ocelových zemničů ani s nimi nesmí být spojovány.

#### H.3.2 Montáž uzemňovacích přívodů

##### H.3.2.1 Obecně

Obecně musí být délka uzemňovacích přívodů co nejkratší.

##### H.3.2.2 Zřizování uzemňovacích přívodů

Lze uvažovat s následujícími způsoby zřizování:

- Uzemňovací přívody uložené v zemi: Požaduje se pouze jejich ochrana proti mechanickému poškození.
- Přístupné uzemňovací přívody: Musí být nad zemí instalovány tak, aby zůstaly volně přístupné. Tam, kde je nebezpečí jejich mechanického poškození, je zapotřebí uzemňovací přívody odpovídajícím způsobem chránit.
- Uzemňovací přívody uložené v betonu: Uzemňovací přívody mohou být uloženy též v betonu. Na obou koncích musí být snadno dosažitelné svorky.

Zvláštní pozornost je zapotřebí věnovat zabránění korozi holých uzemňovacích přívodů v místech přechodu do země nebo betonu. Uzemňovací přívody, provedené z oceli bez ochranného pláště, je nutno při přechodu do

země v délce nejméně 30 cm nad povrchem a 20 cm pod povrchem opatřit pasivní ochranou proti korozi (například žárovým pozinkováním, asfaltovou zálivkou, licí pryskyřicí apod.).

### H.3.2.3 Spojování uzemňovacích přívodů

Spoje mají mít dobrou elektrickou vodivost, aby při průchodu poruchového proudu nedošlo k nepříjemnému růstu jejich teploty.

Spoje se nesmí uvolňovat a musí být chráněny proti korozi. Pokud jsou z různých materiálů, tvořících galvanické články, které mohou vyvolat elektrochemickou korozi, pak musí být spoje trvanlivým způsobem chráněny proti styku s okolním elektrolytem.

Pro připojení uzemňovacích přívodů k zemnicům, k hlavní připojovací svorce uzemňovací soustavy a k jakýmkoliv kovovým částem musí být užity vhodné svorky. Vhodné je užití jímek s možností zkoušení jednotlivých zemniců.

Spoje nesmí rozpojitelné bez použití speciálního náradí.

## H.4 Měření v uzemňovacích soustavách a pro jejich návrh

### H.4.1 Měření rezistivity půdy

Měření rezistivity půdy  $\rho_E$  pro předběžné určení zemního odporu  $R_E$  nebo impedance  $Z_E$  se má provést metodou čtyř elektrod (např. Wennerovým uspořádáním), pomocí níž může být určena rezistivita půdy v různých hloubkách.

### H.4.2 Měření dotykových napětí

Pro měření dotykových napětí je zapotřebí užít proudovou metodu (viz H.4.3).

Existují dvě přijatelné alternativní následující metody:

1. Při určení dotykového napětí je zapotřebí brát v úvahu odpor lidského těla 1 k $\Omega$ .

Měřicí elektroda(y) pro simulaci nohy musí mít celkovou plochu 400 cm<sup>2</sup> a musí být přitlačována k zemi minimální celkovou silou 500 N. Pokud není zapotřebí brát v úvahu žádné přídavné odpory, může být místo měřicí elektrody užita sonda, zatlačena do země alespoň 20 cm. Pro měření dotykových napětí v libovolné části zařízení má být elektroda umístěna ve vzdálenosti 1 m od neživých částí, u betonu nebo vyschlé půdy má být na vlhké látce nebo tenké vrstvě vody. Hrotová elektroda pro simulaci ruky musí být schopná proniknout spolehlivě povlakem barvy (ne izolace). Jedna svorka voltmetru je spojena s ruční elektrodou, druhá s nožní elektrodou. Je postačující provést takováto měření jako výběrovou zkoušku.

**POZNÁMKA** Pro získání rychlého přehledu o horní hranici dotykových napětí, je často postačující měření s voltmetrem s vysokým vnitřním odporem a sondou zatlačenou do hloubky 10 cm.

2. Dotykové napětí je stanoveno měřením budicího napětí  $U_D$  (obrázek G.3) voltmetrem s vysokou impedancí a výpočtem dotykového napětí podle G.4.2. Při měření budicího napětí v jakémkoli bodě instalace musí být elektroda umístěna ve vzdálenosti 1 m od neživé části instalace.

Jedna svorka voltmetru je spojena s neživou částí a další svorka s nožní elektrodou, která je zaražena do země nejméně 20 cm hluboko.

Měření dotykových napětí se požaduje u venkovních vedení vvn a zvn, pokud jsou tam předepsány hodnoty dotykových napětí a nelze je prokázat jiným způsobem (např. výpočtem). Kroková napětí se měří jen ve zdůvodněných případech

**POZNÁMKA** Podrobnosti týkající se měření dotykových napětí jsou uvedeny v PNE 33 0000-1.

### H.4.3 Měření odporu uzemnění a impedance uzemnění

Odpory  $R_E$  a impedance  $Z_E$  uzemnění mohou být určeny různými způsoby. Který z nich je vhodný, závisí na rozsahu uzemnění a míře rušení.

Pozornost je zapotřebí věnovat skutečnosti, že při měření a přípravách, dokonce i v odpojeném stavu, se na uzemněných částech a mezi nimi (např. mezi stožárem a odpojeným zemnicím lanem) mohou objevit nebezpečná dotyková napětí.

Příklady vhodných způsobů měření a typů přístrojů jsou:

## a) Metoda spádu potenciálu s využitím měřiče uzemnění

Tento přístroj se používá pro zemniče a uzemňovací soustavy malého až středního rozsahu, např. pro jednotlivé tyčové zemniče, paprskové zemniče, uzemnění stožárů s odpojeným zemnicím lanem. Kmitočet užitého střídavého napětí nesmí překročit 150 Hz.

Zkoušené zemniče, měřicí sondy i pomocné elektrody mají ležet pokud možno v přímce. Vzdálenost měřicí sondy od zkoušeného zemniče musí být alespoň 2,5násobkem jeho délky (ve směru měření), ne však méně než 20 m, vzdálenost pomocné elektrody od měřeného zemniče má být alespoň čtyřnásobkem délky zemniče, ne však méně než 40 m.

## b) Vysokofrekvenční měřič uzemnění

Tento přístroj umožňuje měření uzemnění jednotlivého stožáru bez odpojení zemnicího lana. Kmitočet měřicího proudu musí být tak vysoký, aby společná impedance zemnicího lana a sousedních stožárů vzrostla a představovala tak prakticky zanedbatelný paralelní obvod k uzemnění měřeného stožáru.

## c) Proudová metoda

Tento způsob je užíván zvláště pro měření zemní impedance velkých uzemňovacích soustav, ale také když se musí vzít v úvahu zavlčené napětí (např. kovovými trubkami) a proto je nutná větší vzdálenosti mezi uzemňovací soustavou dotyčného stožáru a vzdáleným zemničem.

Přiložením střídavého napětí s přibližně průmyslovým kmitočtem mezi uzemňovací soustavou a vzdáleným zemničem je do uzemňovací soustavy vnucen zkušební proud  $I_m$ , který vyvolá měřitelné zvýšení potenciálu uzemňovací soustavy.

Zemnicí lana a pláště kabelů se zemnicím účinkem, které jsou za provozu spojeny s uzemňovací soustavou, nesmí být při měření odpojeny.

Modul impedance uzemnění  $Z_E$  je dán vztahem:

$$Z_E = \frac{U_{em}}{I_m r}$$

kde je

$U_{em}$  napětí naměřené mezi uzemněním a napěťovou sondou v oblasti referenční (vzdálené) země ve V;

$I_m$  měřený zkušební proud v A;

$r$  redukční činitel zemnicích lan.

Redukční činitel může být určen výpočtem (viz H.4.5) nebo měřením.

Redukční činitel vedení bez zemnicího lana je  $r = 1$ .

Musí se vzít v úvahu zemnicí lana na samostatných stožárech souběžných vedení, která leží mezi uzemňovací soustavou zkoušeného vedení a vzdáleným zemničem, pokud jsou připojena k měřenému uzemnění.

Vzdálenost mezi měřeným uzemněním a vzdáleným zemničem nemá pokud možno být menší než 5 km. Zkušební proud má být, pokud je to možné, tak vysoký, aby měřená napětí (vzrůst zemního potenciálu a dotyková napětí, úměrná zkušebnímu proudu) byla větší než možná rušivá napětí. To je obvykle zajištěno pro zkušební proudy nad 50 A. Vnitřní odpor voltmetru má být alespoň 10násobek zemního odporu napěťové sondy.

Pro malé uzemňovací soustavy mohou stačit menší vzdálenosti. Musí se vzít v úvahu možná rušivá napětí.

**H.4.4 Určení nárůstu potenciálu zemniče**

Nárůst potenciálu zemniče  $U_E$  je dáno vztahem:

$$U_E = Z_E \cdot I_E$$

kde je

$I_E$  proud do země během poruchy;

$Z_E$  impedance uzemnění, např. získaná měřením nebo výpočtem.

Přibližný výpočet  $Z_E$ , který zahrnuje vliv zemnicích lan a sousedních stožárů, může být proveden podle následujícího vzorce:

$$Z_E = 0,25 \left( Z_S + \sqrt{Z_S (4 R_t + Z_S)} \right)$$

kde je

$Z_S$  impedance zemnicích lan v jednom rozpětí;

$R_t$  zemní odpory pat stožárů.

Proud do země během poruchy je dán vztahem

$$I_E = r \cdot 3 I_0 \cdot w$$

kde je

$r$  redukční činitel zemnicích lan;

$I_0$  nulová složka proudu během poruchy;

$w$  součinitel pravděpodobnosti nebo současnosti například dle ČSN 33 2160:1993 + Změna Z2:1999. Počítá se s hodnotou  $w=0,7$ , pokud není výpočtem prokázána hodnota nižší.

Redukční činitel zemnicích lan je možné určit výpočtem (viz H.4.5) nebo měřením.

#### H.4.5 Redukční činitelé zemnicích lan venkovního vedení

##### H.4.5.1 Obecně

Zemnicí lana venkovních vedení přenášejí část poruchových proudů uvažovaného systému. Tím je uzemňovací soustava vedení při zemní poruše účinnější. Rozsah tohoto účinku (odlehčení) je vyjádřen redukčním činitelem  $r$ .

Redukční činitel  $r$  zemnicího lana (lan) třífázového nadzemního vedení je poměr zpětného proudu zemí k součtu nulových složek proudu trojfázového obvodu.

$$r = I_E / 3 I_0 = (3 I_0 - I_{EW}) / 3 I_0$$

kde je

$I_{EW}$  proud v zemnicím lanu (v ustáleném stavu);

$I_E$  zpětný proud tekoucí zemí;

$3 I_0$  součet nulových složek proudu.

V ustáleném stavu může být určen redukční činitel zemnicího lana určen z vlastní impedance zemnicího lana  $Z_{EW-E}$  a vzájemné impedance mezi fázovými vodiči a zemnicím lanem  $Z_{ML-EW}$ .

$$r = (Z_{EW-E} - Z_{ML-EW}) / Z_{EW-E} = 1 - (Z_{ML-EW} / Z_{EW-E})$$

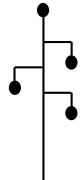
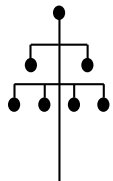
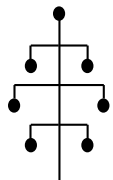
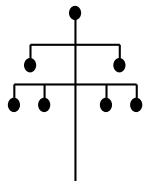
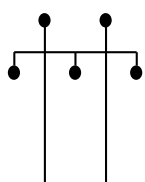
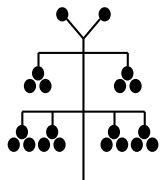
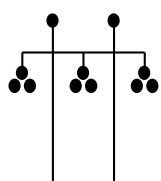
$Z_{ML-EW}$  nejvíce ovlivňuje střední vzdálenost mezi fázovými vodiči a zemnicím lanem, na  $Z_{EW-E}$  má největší vliv odpor zemnicího lana. Proto redukční účinek zemnicího lana ve vztahu k proudu zemí roste ( $r$  se snižuje) se snižováním vzdálenosti mezi fázovými vodiči a zemnicím lanem a se snižováním odporu zemnicího lana.

##### H.4.5.2 Hodnoty redukčního činitele venkovních vedení

Hodnoty redukčního činitele  $r$  se pohybují v rozmezí 0,2 až 1 a závisí na řadě parametrů, například na konfiguraci vedení, umístění zemnicího lana (lan) vzhledem k fázovým vodičům, rezistivitě půdy, počtu zemnicích lan a jejich odporu.

Orientační hodnoty redukčních činitelů zemnicích lan nejpoužívanějších typů vedení o jmenovitých napětích 110 kV, 220 kV a 400 kV jsou uvedeny v tabulce H.2, převzaté z ČSN 33 2160:1993 + Změna Z2:1999. U konkrétního vedení se může příslušná hodnota redukčního činitele zemnicích lan stanovit výpočtem.

Tabulka H.2 – Orientační hodnoty redukčních činitelů zemnicích lan vedení vvn a zvn

Napětí	Typ vedení	Redukční činitel $r$ pro lano	
		185 AlFe	70 Fe
110 kV	Jednoduché vedení 0,93 1 lano 		0,58
	Dvojitý trojúhelník 1 lano 		0,64
	Soudek 0,93 1 lano 		0,60
220 kV	Dvojitý trojúhelník 0,94 1 lano 		0,67
	Portál 0,87 2 lana 		0,45
400 kV	Dvojitý trojúhelník 2 lana 0,90 		0,42
	Portál 0,88 2 lana 		0,40

POZNÁMKA Podrobnosti viz ČSN EN 50522, ČSN 33 2160 a PNE 33 0000-4

## **Příloha J** (informativní)

### **Úhelníky v ocelových příhradových stožárech**

Příloha J ČSN EN 50341-1:2013 obsahuje výpočetní metody pro prvky z úhelníků, umístěné v ocelových příhradových stožárech se šroubovými spoji, založené převážně na postupech, uvedených v publikaci Evropské konvence pro ocelové konstrukce (*European Convention for Constructional Steelwork*) ECCS č. 39:1985 "Recommendations for angles in lattice transmission towers (*Doporučení pro úhelníky v příhradových stožárech venkovních vedení*)". Tyto výpočetní postupy jsou alternativou k postupům, uvedeným v souboru Eurokódů ČSN EN 1993.

V ČR se ve smyslu NNA k ČSN EN 50341-1:2013 (zavedených jako ČSN EN 50341-2-19) použijí postupy, obsažené v Eurokódech ČSN EN 1993-3-1 a ČSN EN 1993-1-8 a postupy podle přílohy J se nepoužijí. Proto příloha J ČSN EN 50341-1:2013 nebyla do této podnikové normy převzata.

## Příloha K (normativní)

### Ocelové trubkové stožáry

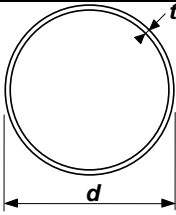
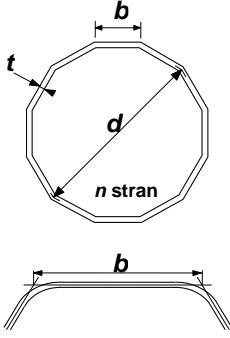
#### K.1 Definice a značky použité v této příloze K

Značka	Definice
$A$	Neoslabená plocha průřezu
$A_{\text{eff}}$	Účinná plocha průřezu
$A_s$	Plocha kotevního šroubu účinná v tahu
$b$	Jmenovitá šířka průřezu
$b_{\text{eff}}$	Účinná šířka průřezu
$d$	Vnější průměr; vnější průměr přes úhly mnohoúhelníku
$F_{a,Rd}$	Návrhová únosnost kotevního šroubu proti vytažení z betonu
$F_{t,Rd}$	Návrhová únosnost šroubu v tahu
$F_{t,Sd}$	Návrhová tahová síla na šroub v mezním stavu únosnosti
$f_{bd}$	Napětí v soudržnosti oceli a betonu
$f_{ck}$	Charakteristická pevnost betonu v tlaku
$f_{ctm}$	Průměrná pevnost betonu v tahu
$f_{ctk0,05}$	Charakteristická pevnost betonu v tahu
$f_{ub}$	Pevnost v tahu kotevního šroubu
$f_y$	Mez kluzu
$M_{sd}$	Ohybový moment průřezu
$N_{sd}$	Osová síla průřezu
$n$	Počet stran polygonu
$t$	Tloušťka
$W_{\text{eff}}$	Účinný modul průřezu
$W_{el}$	Pružný modul průřezu
$\Delta M$	Přídavný moment
$\sigma_{\text{com, Ed}}$	Největší vypočtené tlakové napětí
$\sigma_{x, Ed}$	Největší podélné napětí
$\gamma_c$	Dílčí součinitel soudržnosti oceli v betonu
$\gamma_{M1}$	Dílčí součinitel únosnosti
$\gamma_{Mb}$	Dílčí součinitel únosnosti kotevního šroubu
$\varepsilon$	Součinitel závislý na mezi kluzu
$\bar{\lambda}_p$	Poměrná štíhlost stěny
$\rho$	Redukční součinitel
$\psi$	Poměr napětí

#### K.2 Klasifikace průřezů (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 5.5)

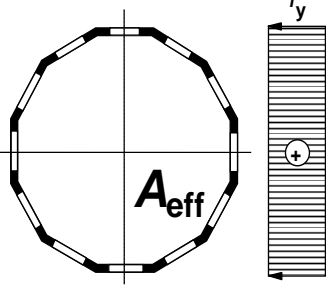
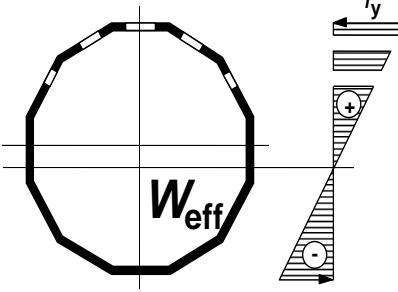
Průřezy se musí klasifikovat ve třídě 3, jestliže vypočtené napětí v nejvíce tlačeném vláknu průřezu s nejtenčí tloušťkou stěny může dosáhnout hodnotu meze kluzu. Všechny ostatní průřezy, ve kterých je nutné vytvořit potřebnou rezervu pro účinky lokálního boulení, které snižují jejich únosnost v ohybu nebo únosnost v tlaku, se musí považovat za průřezy třídy 4 v souladu s podmínkami v tabulce K.1.

Tabulka K.1 – Klasifikace trubkových průřezů v ohybu

a) Typ průřezu	Kritéria pro třídu průřezu 4
	$d/t > 176 \varepsilon^2$
	pro $n = 6$ až 18 stran  $b/t > 42 \varepsilon$
kde $\varepsilon = (235/f_y)^{0.5}$ a $f_y$ je jmenovitá hodnota meze kluzu v $\text{N/mm}^2$	

### K.3 Průřez třídy 4 (ČSN EN 1993-1-1:2006 – kapitola 6.2.2.5 a ČSN EN 1993-1-5:2008 – kapitola 4)

Účinné vlastnosti průřezů třídy 4 musí vycházet z účinných šířek tlačенých částí (černé části v obrázku K.1).

$A_{\text{eff}}$ pro osovou sílu	$W_{\text{eff}}$ pro ohybový moment
	

Obrázek K.1 – Účinné vlastnosti průřezů třídy 4

Účinné šířky tlačенých plochých vnitřních prvků se musí navrhnout pomocí tabulky 5.2 ČSN EN 1993-1-1:2006 a článku 4 ČSN EN 1993-1-5:2008. Poměr napětí  $\psi$ , uvedený v tabulce 5.2 ČSN EN 1993-1-1:2006 a v článku 4 ČSN EN 1993-1-5:2008, se může stanovit s uvažováním vlastností neoslabeného průřezu.

Pro zlepšení ekonomie lze poměrnou štíhlost  $\bar{\lambda}_p$  v každém prvku stanovit pro největší vypočtenou hodnotu tlakového napětí  $\sigma_{\text{com, Ed}}$  v prvku místo meze kluzu  $f_y$  za předpokladu, že  $\sigma_{\text{com, Ed}}$  se stanoví pomocí účinných šířek  $b_{\text{eff}}$  všech tlačенých prvků.

Tato procedura obecně vyžaduje iterační postup výpočtu, ve kterém se  $\psi$  stanoví v každém kroku z napětí, vypočtených pro účinný průřez, definovaný na konci předcházejícího kroku, včetně napětí od přidavného momentu  $\Delta M$ .

### K.4 Únosnost kruhových průřezů

Únosnost kruhových průřezů bez otvorů pro převažující ohybový moment je zajištěna, jestliže největší podélné napětí  $\sigma_{x, Ed}$  (včetně současně působící osové síly), vypočtené pro neoslabený průřez, vyhovuje následující podmínce:

$$\sigma_{x, Ed} \leq \rho f_y / \gamma_{M1}$$



kde redukční součinitel  $\rho$  je

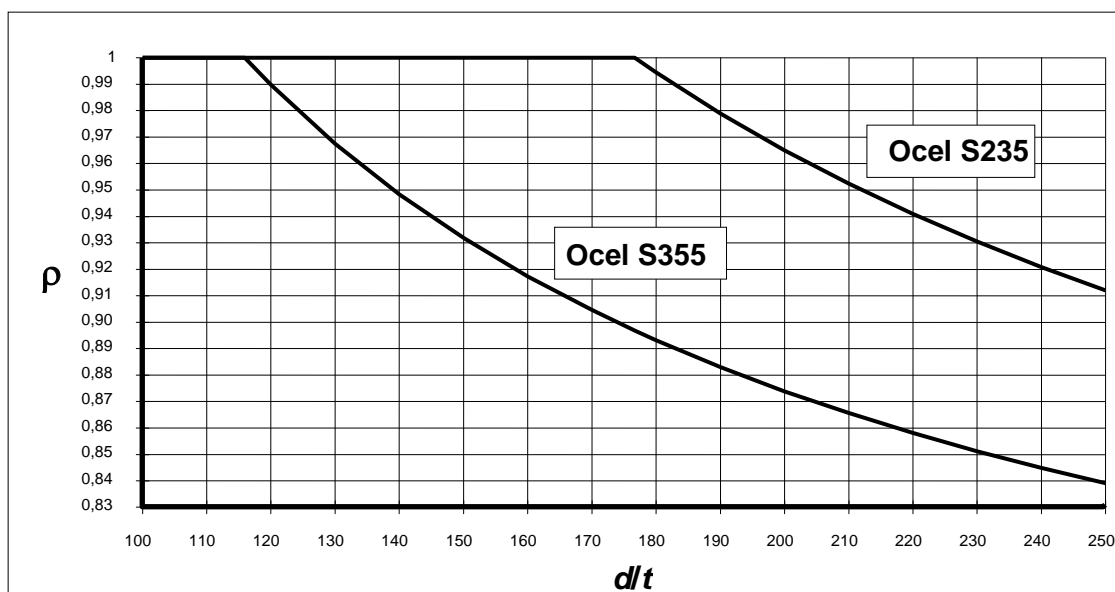
- pro průřezy třídy 3:  $\rho = 1,0$
- pro průřezy třídy 4:  $\rho = 0,70 + \frac{53 \varepsilon^2}{d/t} \leq 1,0$

kde je  $\varepsilon$  součinitel závislý na mezi kluzu  $\varepsilon = (235 / f_y)^{0,5}$ , kde  $f_y$  je mez kluzu;

$d$  vnější průměr;

$t$  tloušťka stěny.

Na obrázku K.2 je přímo určena hodnota redukčního součinitele  $\rho$  v závislosti na poměru  $d/t$ .



Obrázek K.2 – Redukční součinitel  $\rho$

## K.5 Únosnost polygonálních průřezů

### K.5.1 Průřezy třídy 3 (ČSN EN 1993-1-1:2006 – článek 6.2.9.2)

Únosnost polygonálních průřezů třídy 3 vyhovuje, jestliže největší podélné napětí  $\sigma_{x, Ed}$ , vypočtené pro neoslabený průřez pro převažující ohybový moment a současně působící osově síly, vyhovuje následující podmínce:

$$\sigma_{x, Ed} \leq f_y / \gamma_{M1}$$

Pro průřezy bez otvorů je možné předchozí podmínku vyjádřit vztahem:

$$\frac{N_{Sd}}{A} + \frac{M_{Sd}}{W_{el}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

kde je

$A$  neoslabená plocha průřezu;

$W_{el}$  pružný modul průřezu.

### K.5.2 Průřezy třídy 4 (ČSN EN 1993-1-1:2006 – článek 6.2.9.3)

Únosnost polygonálních průřezů třídy 4 vyhovuje, jestliže největší podélné napětí  $\sigma_{x, Ed}$ , vypočtené pro účinné šířky tlačných prvků pro převažující ohybový moment a současně působící osově síly, vyhovuje následující podmínce:

$$\sigma_{x, Ed} \leq f_y / \gamma_{M1}$$

Pro průřezy bez otvorů je možné předchozí podmínku vyjádřit vztahem:

$$\frac{N_{Sd}}{A_{eff}} + \frac{M_{Sd}}{W_{eff}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

kde je

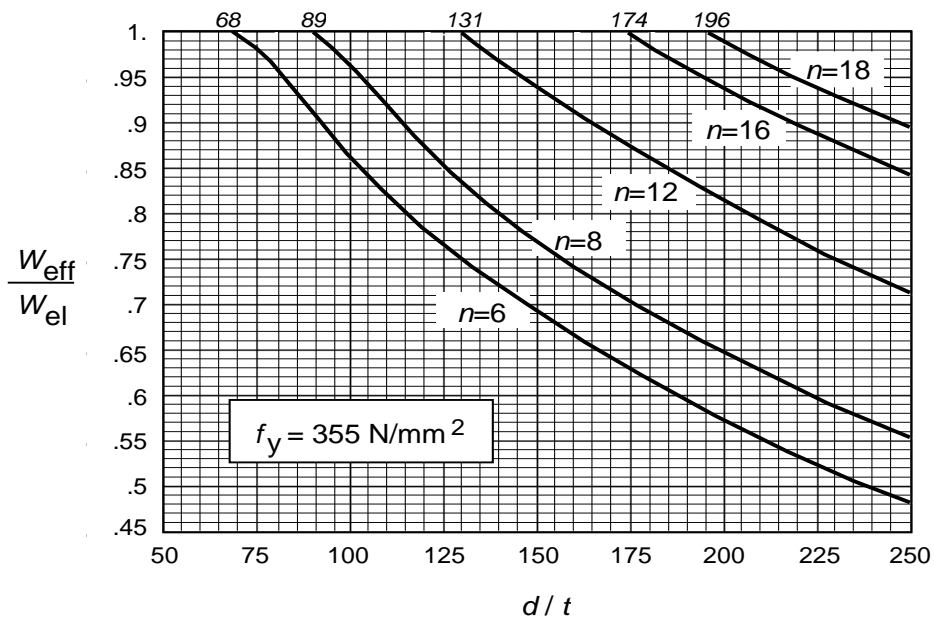
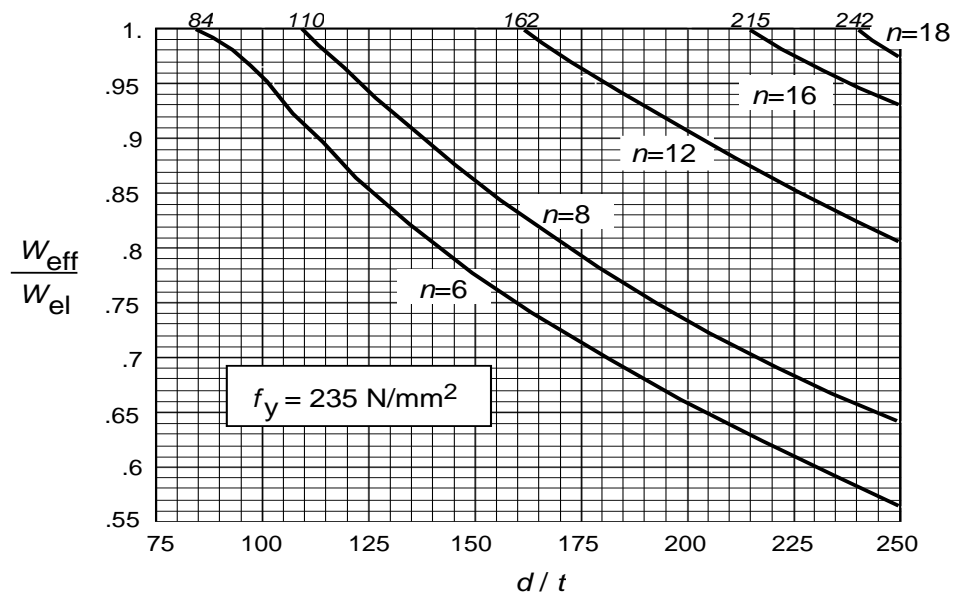
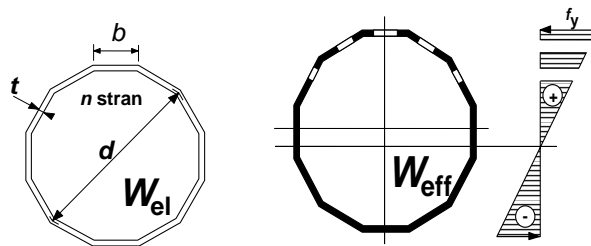
$A_{eff}$  účinná plocha průřezu při působení osového tlaku;

$W_{eff}$  účinný modul průřezu při působení momentu k příslušné ose.

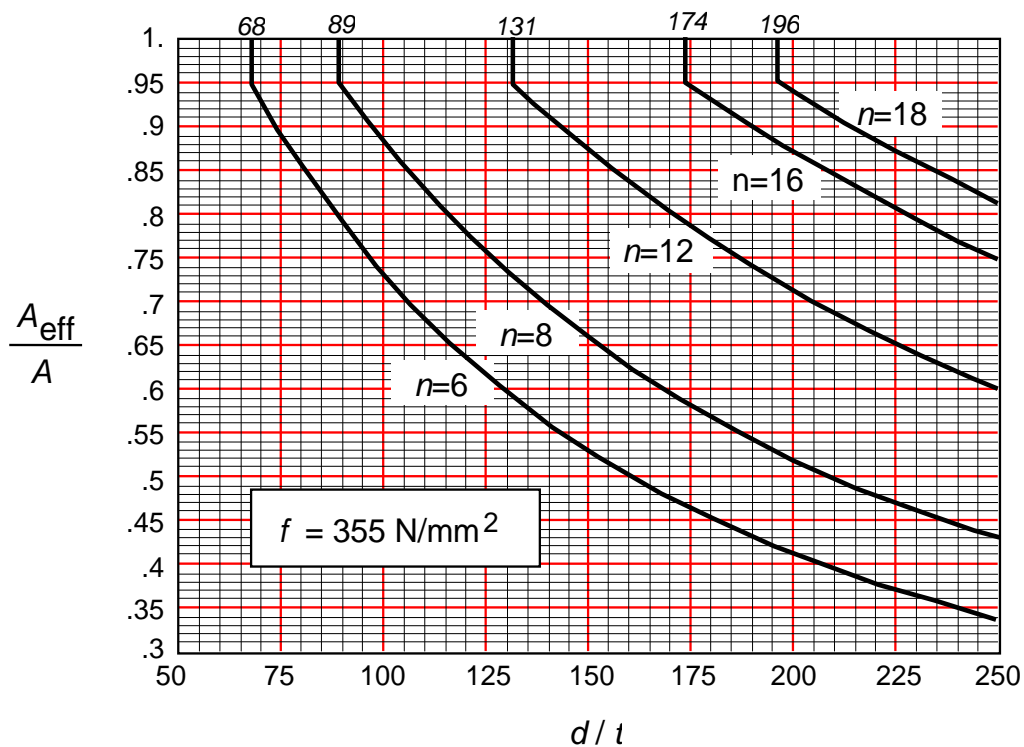
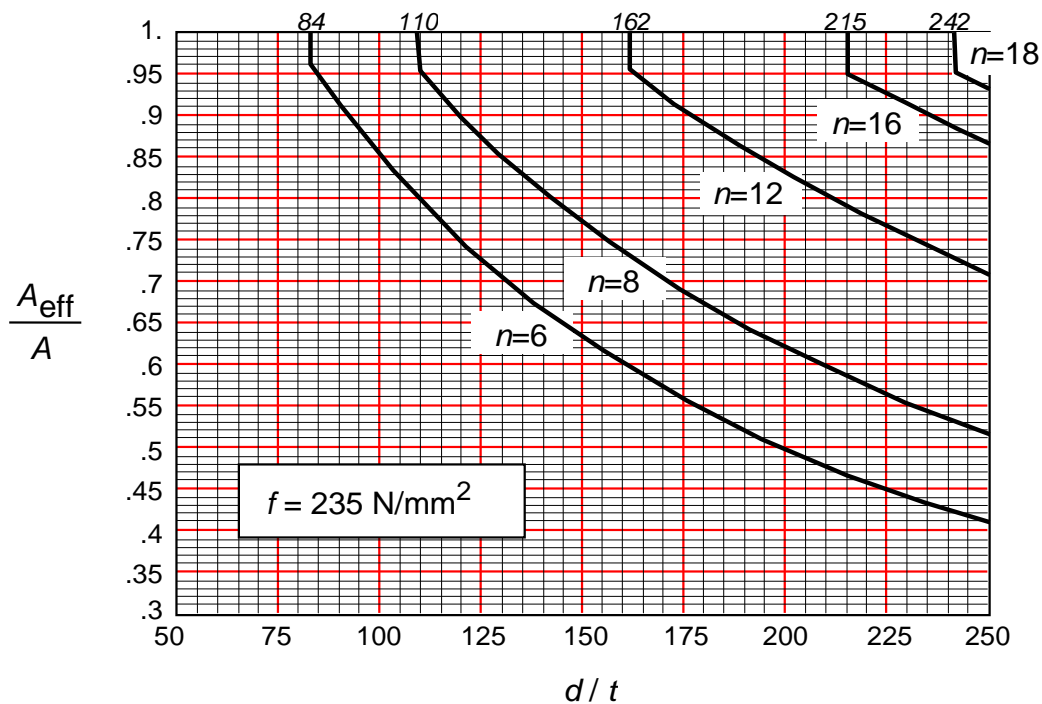
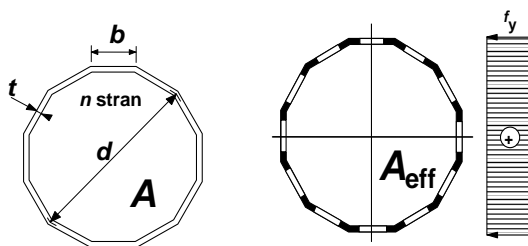
POZNÁMKA Podrobný postup výpočtu účinných vlastností průřezů třídy 4 je v ČSN EN 1993-1-1, článku 6.2.2.5. Křivky na obrázcích K.3 a K.4 umožňují rychlé určení  $A_{eff}$  a  $W_{eff}$  polygonálních průřezů bez otvorů.

### K.6 Navrhování kotevních šroubů

Návrh kotevní délky kotevních šroubů v betonu je v tabulce K.2. Návrhová únosnost kotevních šroubů při kombinaci smyku a tahu nebo tlaku je v ČSN EN 1992-1-1:2006.

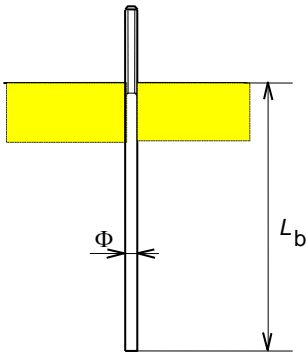
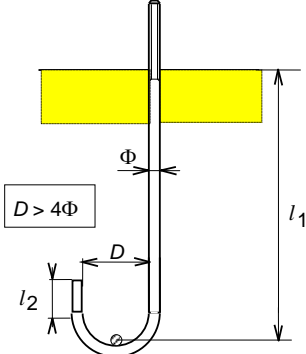
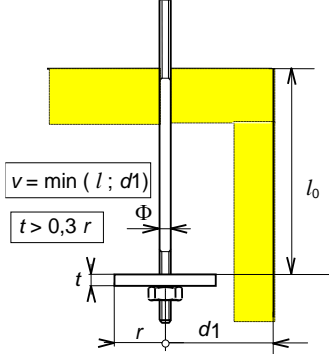


Obrázek K.3 – Polygonální průřezy třídy 4 – Účinný modul průřezu  $W_{eff}$



Obrázek K.4 – Polygonální průřezy třídy 4 – Účinná plocha  $A_{eff}$

Tabulka K.2 – Navrhování kotevních šroubů

Přímá kotva	Kotva s ohybem	Kotva s deskou
		
$F_{a,Rd} = \pi \Phi L_b f_{bd}$	$F_{a,Rd} = \pi \Phi L_b f_{bd}$ $L_b = (l_1 + 3,2 D + 3,5 l_2)$	$F_{a,Rd} = \pi \Phi L_b f_{bd}$ $L_b = 2,45 \Phi \frac{f_{cd}}{f_{bd}} \left( \frac{r^2}{\Phi^2} - 0,25 \right) \left( 1 - \frac{r}{v} \right) + l_0$

kde  $f_{bd}$  je napětí v soudržnosti oceli v betonu:

- $f_{bd} = \frac{0,36 \sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c}$  pro přímé tyče
- $f_{bd} = \frac{2,25 f_{ctk0,05}}{\gamma_c}$  pro tyče s ohybem

kde je

$$f_{ctk0,05} = 0,7 f_{ctm} \text{ a } f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$$

$f_{ck}$  charakteristická pevnost betonu v tlaku

$f_{ctm}$  průměrná pevnost betonu v tahu

$f_{ctk0,05}$  charakteristická pevnost betonu v tahu

$\gamma_c$  dílčí součinitel soudržnosti oceli v betonu = **1,50**

Příklad: pro beton C 20/25 je  $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{ctm} = 2,2 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{ctk0,05} = 1,55 \text{ N/mm}^2$

a  $f_{bd} = 1,1 \text{ N/mm}^2$  pro přímé tyče nebo  $f_{bd} = 2,3 \text{ N/mm}^2$  pro ohnuté tyče

Kotevní délka se musí určit ze vztahu:  $F_{a,Rd} = \pi \Phi L_b f_{bd} \geq F_{t,Sd}$

kde je

$F_{t,Sd}$  návrhová tahová síla v kotevním šroubu v mezním stavu únosnosti

Velikost kotevního šroubu se musí určit ze vztahu:  $F_{t,Sd} \leq F_{t,Rd} = 0,9 f_{ub} A_s / \gamma_{Mb}$

kde je

$f_{ub}$  pevnost kotevního šroubu v tahu

$A_s$  plocha kotevního šroubu účinná v tahu

$\gamma_{Mb}$  dílčí součinitel únosnosti kotevního šroubu = **1,25**

**POZNÁMKA** V souladu s ČSN EN 1993-1-8:2011, článek 3.6.1(3) se má hodnota  $F_{t,Rd}$  redukovat vynásobením součinitelem 0,85, jestliže závit kotevního šroubu je vyroben řezáním u výrobce konstrukce.

## Příloha L (informativní)

### Požadavky pro návrh podpěrných bodů a základů

#### L.1 Konstrukční požadavky

Pro návrh podpěrných bodů a základů se vyžadují následující informace:

- působící zatížení, včetně dílčích součinitelů zatížení, udaná v závěsných bodech izolátorů / vodičů / zemnicích lan (ve formě uspořádání příčných (T), svislých (V) a podélných (L) zatížení);
- zatížení větrem na podpěrné body;
- kombinace zatížení;
- mezní stav únosnosti pro každou kombinaci zatížení;
- mezní stav použitelnosti pro každou kombinaci zatížení (přípustné průhyby);
- preferované pořadí poruch;
- zatížení při montáži a údržbě.

#### L.2 Požadavky na konfiguraci: typy podpěrných bodů a jejich použití

V PS mají být určeny typy podpěrných bodů, jejich schémata, uspořádání fázových vodičů, vzdálenosti mezi fázovými vodiči, nejkratší elektrické vzdálenosti a uspořádání zemnicích lan.

Jako pomůcky mohou být použity následující tabulky.

**Tabulka L.1 – Typy podpěrných bodů a jejich použití**

Typ podpěrného bodu	Popis	Úhel změny směru trasy	Typ izolátoru
.....	.....	.....	.....

**Tabulka L.2 – Rozsah prodloužení**

Typ podpěrného bodu	Rozsah navýšení	Popis
	Nejmenší výška Největší výška x modul prodloužení (m)	
...	.....	.....

Ve sloupci popisu má být uvedeno, zda se jedná o individuální prodloužení dřívku stožáru a prodloužení jednotlivých stojin stožáru (prodloužené nohy), nebo o jejich kombinaci. V případě kombinace má být uvedena hodnota prodloužení dřívku a rozsah délek prodloužených noh. Mají být jasně stanovena omezení pro použití, zaměnitelnost, výškové úrovně spojů a největší přípustné rozdíly délek jednotlivých prodloužených noh.

**Tabulka L.3 – Údaje pro návrh vedení**

Počet dílčích vodičů ve svazku
Průměr a typ dílčích vodičů svazku
Uspořádání dílčích vodičů ve svazku
Vzdálenosti (svislé a vodorovné) dílčích vodičů ve svazku
Počet a typ zemnicích lan
Průměr zemnicích lan
Standardní délka rozpětí pro podpěrný bod základní výšky
Základní výška podpěrných bodů
Maximální ochranný úhel (úhel stínění) zemnicího lana
Maximální teplota fázového vodiče při bezvětří (°C)
Maximální délka jednotlivého rozpětí
Maximální součet délek sousedních rozpětí
Maximální váhové rozpětí za normálních podmínek
Maximální váhové rozpětí, nerovnoměrné podmínky (maximální příspěvky váhového rozpětí)
Minimální váhové rozpětí za normálních podmínek při maximálním větrovém rozpětí
Minimální váhové rozpětí, nerovnoměrné podmínky
Maximální váhové rozpětí pro koncové podpěrné body

**Tabulka L.4 – Podrobnosti o izolátorových řetězcích**

Minimální/maximální délky izolátorových závěsů:
Nosný závěs
Sestava s podpěrným izolátorem
Pomocný nosný závěs
Kotevní závěs – vnitřní řetězec
Kotevní závěs – vnější řetězec
Zákrutový závěs s nebo bez napínacího členu
Počet řetězců v závěsu:
Nosný
Kotevní
Zákrutový
Minimální nejkratší vzdálenost živých částí vedení od konstrukce nebo uzemněných armatur
Předpokládané maximální vychýlení nosného izolátorového závěsu (stupně)
Pro nosné izolátorové závěsy:
(a) Vychýlení mezi 0 a .... stupni od svislice
(b) Vychýlení mezi .... stupni a maximálním vychýlením od svislice
Pro kotevní izolátorové závěsy:
(a) Přeponka visící svisle
(b) Přeponka vychýlená pod úhlem .... stupňů od svislice
Pro zatížené pomocné závěsy:
(a) Předpokládané počáteční vychýlení při bezvětří .... stupňů
(b) Maximální vychýlení ..... stupňů s maximálně vychýlenou přeponkou
Pokud je to možné, mají být poskytnuty výkresy izolátorových závěsů včetně ochranných armatur, regulačních prvků (např. napínacích šroubů) a detailů připojení na podpěrném bodu.
Při použití V-závěsů má být udána délka mezi úchyty jednotlivých izolátorových řetězců nebo úhel mezi řetězci a informace o tom, zda řetězec V-závěsu je schopen vydržet zatížení v tlaku. Použijí-li se podpěrné izolátory, má být udán sklon izolátoru k vodorovné rovině.

### Tabulka L.5 – Prostorové vzdálenosti

Svislé uspořádání fázových vodičů
Vodorovné uspořádání fázových vodičů
Trojúhelníkové uspořádání fázových vodičů (delta)
Minimální výška fázových vodičů na typových podpěrných bodech základní výšky
Maximální vychýlení zemnicích lan od svislé roviny (stupně)
Minimální svislá vzdálenost mezi sousedními fázovými vodiči stejného systému
Minimální vodorovná vzdálenost mezi průměty sousedních fázových vodičů stejného systému
Minimální svislá vzdálenost mezi fázovými vodiči a zemnicími lany

#### L.3 Uchycení fázových vodičů a zemnicích lan

Detaily uchycení izolátorových závěsů a zemnicích lan ke konzolám či dřívku podpěrného bodu mají být navrženy podle požadavků PS nebo mají být dohodnuty se zákazníkem před zahájením prací na prováděcí dokumentaci.

#### L.4 Ocelové konstrukce základů

Podrobnosti navrhovaného způsobu spojení konstrukce podpěrného bodu s jeho základem, např. samostatné základové díly, nohy a kozlíky, kotevní šrouby nebo zabetonované díly mají být provedeny podle PS nebo odsouhlaseny zákazníkem.

#### L.5 Vybavení pro stavbu a údržbu

Vybavení pro zařízení pro stavbu a pro budoucí údržbu, která mají vliv na návrh, mají být jasně stanovena v PS nebo mají být v souladu se články 7.10, 7.11 a 7.12 této normy, například:

- požadavky na vybavení pro údržbu;
- požadavky na přípojovací úchyty;
- požadavky na montáž vzhledem ke konfiguraci terénu;
- požadavky s ohledem na možnosti dopravy;
- požadavky na značení;
- požadavky na opatření pro připojení uzemnění.

#### L.6 Omezení hmotnosti a rozměrů

V PS mají být jasně uvedeny jakékoliv zvláštní požadavky na celkovou konfiguraci podpěrného bodu nebo na jeho výrobu, které mají vliv na návrh, například:

- omezení šířky podpěrného bodu v úrovni základu;
- omezení celkových rozměrů montážních dílů;
- omezení celkových rozměrů nebo hmotností jednotlivých prvků;
- omezení svařování na staveništi;
- omezení, týkající se předpokládaných způsobů montáže.



## Příloha M (informativní)

### Geotechnický a konstrukční návrh základů

#### M.1 Typické hodnoty geotechnických parametrů zemin a skalních hornin

##### M.1.1 Obecně

Pokud nejsou k dispozici výsledky geotechnického průzkumu, měly by se použít dále uvedené hodnoty geotechnických parametrů. Neměly by však nahrazovat průzkum základové půdy. Uvedené hodnoty by měly být potvrzeny během výstavby.

Pro ČR lze ve výpočtech uvažovat s hodnotami, uvedenými v následujících tabulkách M.1 až M.4. Definice značek, použitých v tabulkách, jsou uvedeny v M.1.3.

Pokud by se při zařídění dané zeminy do některé z kategorií, které jsou uvedeny v následujících tabulkách, vyskytla jakákoliv pochybnost, měla by se použít pesimističtější hodnota.

##### M.1.2 Definice

Klasifikace zemin podle velikosti částic

Velikost částic v mm	Definice
$d > 200$	Balvanitá složka
200 $> d > 20$	Kamenitá složka
20 $> d > 2$	Štěrková složka
2 $> d > 0,2$	Písčitá složka (hrubá)
0,2 $> d > 0,06$	Písčitá složka (jemná)
0,06 $> d > 0,002$	Prachová složka
$d < 0,002$	Jílová složka

##### M.1.3 Značky, definice a jednotky některých parametrů zemin

###### Zeminy

		kN/m <sup>3</sup>
$\gamma$	Objemová tíha	
$\gamma'$	Efektivní měrná tíha při nadlehčování	kN/m <sup>3</sup>
$\phi$	Efektivní úhel vnitřního tření	stupně
$c'$	Efektivní soudržnost	kN/m <sup>2</sup>
$c_u$	Totální soudržnost	kN/m <sup>2</sup>
$q_u$	Pevnost v tlaku	kN/m <sup>2</sup>

Podle ČSN EN 1997-2:2008 (článek 5.8.4) může být totální soudržnost  $c_u$  určena jako jedna polovina z naměřených hodnot pevností v tlaku  $q_u$ .

###### Horniny

$R_c$	Pevnost v tlaku	MN/m <sup>2</sup>
$R_t$	Pevnost v tahu	MN/m <sup>2</sup>
$E$	Youngův modul pružnosti	MN/m <sup>2</sup>

###### Zeminy

$E_{def}$	Modul přetvárnosti	MN/m <sup>2</sup>
$\phi_u$	Totální úhel vnitřního tření	stupně
$R_{dt}$	Návrhová pevnost v tlaku	kN/m <sup>2</sup>

###### Horniny

**Tabulka M.1 – Charakteristické hodnoty parametrů jemnozrnných zemin  
(pro  $R_{dt}$  uvedena návrhová hodnota) (pokračování)**

ČSN 731001/ČSN EN ISO 14688-1,2												Těžitelnost ČSN 736133 / ČSN 733050
Zemina	Třída ČSN 731001	Třída ČSN EN ISO 14688-1,2	Konzistence / Ulehlost	Třída vrtatelnosti	$\gamma$	$E_{def}$	$c_u$	$\phi_u$	$c'$	$\phi'$	$R_{dt}$	
					kN.m <sup>-3</sup>	MN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	Stupeň	kN/m <sup>2</sup>	Stupeň	kN/m <sup>2</sup>	
Hlína štěrkovitá	F1 MG	grSi	Velmi měkká	I.	19,0	<5	<40	0	<4	26-32	<110 <sup>+</sup>	I/1
			Měkká	I.	19,0	5-10	40	0	4-12		110 <sup>+</sup>	I/2
			Tuhá	I.	19,0	10-20	70	0	4-12		200 <sup>+</sup>	I/3
			Pevná	I.	19,0	12-30	70-80	10-15	8-16		300 <sup>+</sup>	I/3
			Velmi pevná	II.	18,0	ověřit zkouškami			500 <sup>+</sup>		I/4	
Jíl štěrkovitý	F2 CG	grCl	Velmi měkká	I.	19,5	<4	<30	0	<6	24-30	<100 <sup>+</sup>	I/1
			Měkká	I.	19,5	4-8	30	0	6-14		100 <sup>+</sup>	I/2
			Tuhá	I.	19,5	7-15	60	0	6-14		175 <sup>+</sup>	I/3
			Pevná	I.	19,5	10-25	60-70	10-15	10-36		275 <sup>+</sup>	I/3
			Velmi pevná	II.	18,0	ověřit zkouškami			450 <sup>+</sup>		I/4	
Hlína písčité	F3 MS	saSi	Velmi měkká	I.	18,0	<3	<30	0	<8	24-29	<100 <sup>+</sup>	I/1
			Měkká	I.	18,0	3-6	30	0	8-16		100 <sup>+</sup>	I/2
			Tuhá	I.	18,0	5-8	60	0	8-16		175 <sup>+</sup>	I/2
			Pevná	I.	18,0	8-15	60-70	10-15	12-40		275 <sup>+</sup>	I/3
			Velmi pevná	I.	18,0	ověřit zkouškami			450 <sup>+</sup>		I/3	

Tabulka M.1 (dokončení)

ČSN 731001/ČSN EN ISO 14688-1,2											Těžitelnost ČSN 736133 / ČSN 733050	
Zemina	Třída ČSN 731001	Třída ČSN EN ISO 14688-1,2	Konzistence / Ulehlost	Třída vrtatelnosti	$\gamma$	$E_{def}$	$c_u$	$\phi_u$	$c'$	$\phi'$	$R_{dt}$	
					kN.m <sup>-3</sup>	MN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	Stupeň	kN/m <sup>2</sup>	Stupeň	kN/m <sup>2</sup>	
Jíl písčítý	F4 CS	saCl	Velmi měkká	I.	18,5	<2,5	<30	0	<10	22-27	<80 <sup>+</sup>	I/1
			Měkká	I.	18,5	2,5-4	30	0	10-18		80 <sup>+</sup>	I/2
			Tuhá	I.	18,5	4-6	50	0	10-18		150 <sup>+</sup>	I/2
			Pevná	I.	18,5	5-12	70-80	5-14	14-44		250 <sup>+</sup>	I/3
			Velmi pevná	I.	18,0	ověřit zkouškami			400 <sup>+</sup>		I/3	
Hlína se střední a nízkou plasticitou	F5 MI/MI	saClSi	Velmi měkká	I.	20,0	<1,5	<30	0	<8	19-23	<70 <sup>+</sup>	I/1
			Měkká	I.	20,0	1,5-3	30	0	8-16		70 <sup>+</sup>	I/2
			Tuhá	I.	20,0	3-5	50	0	8-16		150 <sup>+</sup>	I/2
			Pevná	I.	20,0	5-10	70-80	5-14	12-40		250 <sup>+</sup>	I/3
			Velmi pevná	I.	18,0	10-20	80-90	15-20	ZK		400 <sup>+</sup>	I/3
Jíl se střední a nízkou plasticitou	F6 CI/CI	sasiCl	Velmi měkká	I.	21,0	<1,5	<25	0	<8	17-21	<50 <sup>+</sup>	I/1
			Měkká	I.	21,0	1,5-3	25	0	8-16		50 <sup>+</sup>	I/2
			Tuhá	I.	21,0	3-6	50	0	8-16		100 <sup>+</sup>	I/2
			Pevná	I.	21,0	6-12	80-90	4-12	12-40		200 <sup>+</sup>	I/2
			Velmi pevná	I.	18,0	10-20	80-90	14-18	ZK		350 <sup>+</sup>	I/3
Hlína s vysokou, velmi vysokou a extrémní plasticitou	F7 MH/MV/ ME	clSi	Velmi měkká	I.	21,0	<1	<25	0	<4	15-19	<50 <sup>+</sup>	I/1
			Měkká	I.	21,0	1-3	25	0	4-10		50 <sup>+</sup>	I/2
			Tuhá	I.	21,0	3-5	50	0	4-10		100 <sup>+</sup>	I/2
			Pevná	I.	21,0	5-10	80-90	4-12	8-28		200 <sup>+</sup>	I/2
			Velmi pevná	I.	18,0	10-20	80-90	14-18	ZK		350 <sup>+</sup>	I/3
Jíl s vysokou, velmi vysokou a extrémní plasticitou	F8 CH/CV/ CE	Cl	Velmi měkká	I.	20,5	<1	<20	0	<4	13-17	<40 <sup>+</sup>	I/1
			Měkká	I.	20,5	1-2	20	0	4-10		40 <sup>+</sup>	I/2
			Tuhá	I.	20,5	2-4	40	0	4-10		80 <sup>+</sup>	I/2
			Pevná	I.	20,5	4-8	80-90	3-10	8-28		160 <sup>+</sup>	I/2
			Velmi pevná	I.	18,0	8-15	80-90	12-16	ZK		300 <sup>+</sup>	I/2

POZNÁMKA 1 Pod hladinou podzemní vody se hodnoty  $R_{dt}$  snižují o 1/3!

POZNÁMKA 2 Z praktických důvodů je v tabulce uvedeno zařazení zemín také podle ČSN 73 1001:1988 Zakládání staveb – Základová půda pod plošnými základy, zrušené k 1.4.2010.

POZNÁMKA 3 Uvedená třída vrtatelnosti vychází z dokumentu ministerstva dopravy TP-76 Technické podmínky – Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace – část A: Zásady geotechnického průzkumu (aktualizováno v roce 2009).

POZNÁMKA 4 Horní index + u hodnot  $R_{dt}$  znamená, že se jedná o tabulkovou výpočtovou únosnost zeminy podle ČSN 73 1001.

POZNÁMKA 5 Z praktických důvodů je v tabulce uvedena také třída těžitelosti zeminy podle ČSN 73 3050:1987 Zemné práce. Všeobecné ustanovenia, zrušené k 1.3.2010.

Zkratka ZK znamená „ověřit zkouškami“

**Tabulka M.2 – Charakteristické hodnoty parametrů písčitých zemin  
(pro  $R_{dt}$  uvedena návrhová hodnota)**

ČSN 731001/ČSN EN ISO 14688-1,2										Těžitelnost ČSN 736133 / ČSN 733050			
Zemina	Třída	Třída	Konzistence	Třída	$\gamma$	$E_{def}$	$\phi'$	$c'$	$R_{dt}$ (kN/m <sup>2</sup> )				
	ČSN 731001	ČSN EN ISO 14688-1,2	/	vrstevnatosti					/	šířka základu $b$ (m)			
			Ulehlost		kN.m <sup>-3</sup>	MN/m <sup>2</sup>	Stupeň	kN/m <sup>2</sup>	0,5	1,0	3,0	6,0	
Písek dobře zrněný	S1 SW	Sa	Velmi kyprá	I.	20,0	<30	<34	0	150 <sup>+</sup>	250 <sup>+</sup>	400 <sup>+</sup>	300 <sup>+</sup>	I/1
			Kyprá	I.	20,0	30-45	34-36	0	195 <sup>+</sup>	325 <sup>+</sup>	520 <sup>+</sup>	390 <sup>+</sup>	I/2
			Středně ulehlá	I.	20,0	45-60	36-39	0	195 <sup>+</sup>	325 <sup>+</sup>	520 <sup>+</sup>	390 <sup>+</sup>	I/2
			Ulehlá	I.	20,0	50-75	37-40	0	300 <sup>+</sup>	500 <sup>+</sup>	800 <sup>+</sup>	600 <sup>+</sup>	I/3
			Velmi ulehlá	II.	20,0	75-100	39-42	0	300 <sup>+</sup>	500 <sup>+</sup>	800 <sup>+</sup>	600 <sup>+</sup>	I/4
Písek špatně zrněný	S2 SP	grSa	Velmi kyprá	I.	18,5	<15	<32	0	125 <sup>+</sup>	175 <sup>+</sup>	300 <sup>+</sup>	250 <sup>+</sup>	I/1
			Kyprá	I.	18,5	15-25	32-34	0	162 <sup>+</sup>	227 <sup>+</sup>	390 <sup>+</sup>	325 <sup>+</sup>	I/2
			Středně ulehlá	I.	18,5	25-35	33-35	0	162 <sup>+</sup>	227 <sup>+</sup>	390 <sup>+</sup>	325 <sup>+</sup>	I/2
			Ulehlá	I.	18,5	30-40	34-36	0	250 <sup>+</sup>	350 <sup>+</sup>	600 <sup>+</sup>	500 <sup>+</sup>	I/3
			Velmi ulehlá	II.	18,5	40-50	35-37	0	250 <sup>+</sup>	350 <sup>+</sup>	600 <sup>+</sup>	500 <sup>+</sup>	I/4
Písek s příměsí jemnozrnné zeminy	S3 SF	grsiSa	Velmi kyprá	I.	17,5	<12	<28	0	112 <sup>+</sup>	137 <sup>+</sup>	200 <sup>+</sup>	162 <sup>+</sup>	I/1
			Kyprá	I.	17,5	12-16	28-30	0	146 <sup>+</sup>	178 <sup>+</sup>	260 <sup>+</sup>	195 <sup>+</sup>	I/2
			Středně ulehlá	I.	17,5	16-19	29-31	0	146 <sup>+</sup>	178 <sup>+</sup>	260 <sup>+</sup>	195 <sup>+</sup>	I/2
			Ulehlá	I.	17,5	17-21	30-32	0	225 <sup>+</sup>	275 <sup>+</sup>	400 <sup>+</sup>	325 <sup>+</sup>	I/3
			Velmi ulehlá	II.	17,5	21-25	31-33	0	225 <sup>+</sup>	275 <sup>+</sup>	400 <sup>+</sup>	325 <sup>+</sup>	I/4
Písek hlinitý	S4 SM	siSa	Velmi kyprá	I.	18,0	<5	<28	0	87 <sup>+</sup>	112 <sup>+</sup>	150 <sup>+</sup>	125 <sup>+</sup>	I/1
			Kyprá	I.	18,0	5-7	28-29	0	113 <sup>+</sup>	146 <sup>+</sup>	195 <sup>+</sup>	162 <sup>+</sup>	I/2
			Středně ulehlá	I.	18,0	7-10	28-29	0-5	113 <sup>+</sup>	146 <sup>+</sup>	195 <sup>+</sup>	162 <sup>+</sup>	I/2
			Ulehlá	I.	18,0	9-12	29-30	5-7	175 <sup>+</sup>	225 <sup>+</sup>	300 <sup>+</sup>	250 <sup>+</sup>	I/3
			Velmi ulehlá	II.	18,0	12-15	30	7-10	175 <sup>+</sup>	225 <sup>+</sup>	300 <sup>+</sup>	250 <sup>+</sup>	I/4
Písek jílovitý	S5 SC	clSa	Velmi kyprá	I.	18,5	<4	<26	<4	62 <sup>+</sup>	87 <sup>+</sup>	112 <sup>+</sup>	87 <sup>+</sup>	I/1
			Kyprá	I.	18,5	4-6	26-27	4	113 <sup>+</sup>	146 <sup>+</sup>	195 <sup>+</sup>	162 <sup>+</sup>	I/2
			Středně ulehlá	I.	18,5	6-8	26-27	4-7	81 <sup>+</sup>	113 <sup>+</sup>	146 <sup>+</sup>	113 <sup>+</sup>	I/2
			Ulehlá	I.	18,5	8-10	27-28	7-9	125 <sup>+</sup>	175 <sup>+</sup>	225 <sup>+</sup>	175 <sup>+</sup>	I/3
			Velmi ulehlá	II.	18,5	10-12	28	9-12	125 <sup>+</sup>	175 <sup>+</sup>	225 <sup>+</sup>	175 <sup>+</sup>	I/4

POZNÁMKA 1 Pod hladinou podzemní vody se hodnoty  $R_{dt}$  snižují o 1/3!

POZNÁMKA 2 Z praktických důvodů je v tabulce uvedeno zařazení zemin také podle ČSN 73 1001:1988 Zakládání staveb – Základová půda pod plošnými základy, zrušené k 1.4.2010.

POZNÁMKA 3 Uvedená třída vrstevnatosti vychází z dokumentu ministerstva dopravy TP-76 Technické podmínky – Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace – část A: Zásady geotechnického průzkumu (aktualizováno v roce 2009).

POZNÁMKA 4 Horní index + u hodnot  $R_{dt}$  znamená, že se jedná o tabulkovou výpočtovou únosnost zeminy podle ČSN 73 1001.

POZNÁMKA 5 Z praktických důvodů je v tabulce uvedena také třída těžitelnosti zeminy podle ČSN 73 3050:1987 Zemné práce. Všeobecné ustanovenia, zrušené k 1.3.2010.

**Tabulka M.3 – Charakteristické hodnoty parametrů štěrkovitých zemin  
(pro  $R_{dt}$  uvedena návrhová hodnota)**

Zemina	ČSN 731001/ČSN EN ISO 14688-1,2											Těžitelnost	
	Třída ČSN 731001	Třída ČSN EN ISO 14688-1,2	Konzistence / Ulehlost	Třída vrtatelnosti	$\gamma$	$E_{def}$	$\phi'$	$c'$	$R_{dt}$ (kN/m <sup>2</sup> ) / šířka základu $b$ (m)				
					kN.m <sup>-3</sup>	MN/m <sup>2</sup>	Stupeň	kN/m <sup>2</sup>	0,5	1,0	3,0		6,0
Štěrky dobře zrněné	G1 GW	Gr	Velmi kyprá	I.	21,0	<250	<36	0	250 <sup>+</sup>	400 <sup>+</sup>	500 <sup>+</sup>	400 <sup>+</sup>	I/1
			Kyprá	I.	21,0	250-320	36-39	0	325 <sup>+</sup>	520 <sup>+</sup>	650 <sup>+</sup>	520 <sup>+</sup>	I/2
			Středně ulehlá	II.	21,0	320-390	38-41	0	325 <sup>+</sup>	520 <sup>+</sup>	650 <sup>+</sup>	520 <sup>+</sup>	I/3
			Ulehlá	III.	21,0	360-430	39-42	0	500 <sup>+</sup>	800 <sup>+</sup>	1000 <sup>+</sup>	800 <sup>+</sup>	I/4
			Velmi ulehlá	IV.	21,0	430-500	41-44	0	500 <sup>+</sup>	800 <sup>+</sup>	1000 <sup>+</sup>	800 <sup>+</sup>	I/4-5
Štěrky špatně zrněné	G2 GP	saGr	Velmi kyprá	I.	20,0	<100	<33	0	200 <sup>+</sup>	325 <sup>+</sup>	425 <sup>+</sup>	325 <sup>+</sup>	I/1
			Kyprá	I.	20,0	100-150	33-36	0	260 <sup>+</sup>	422 <sup>+</sup>	552 <sup>+</sup>	422 <sup>+</sup>	I/2
			Středně ulehlá	II.	20,0	140-190	35-38	0	260 <sup>+</sup>	422 <sup>+</sup>	552 <sup>+</sup>	422 <sup>+</sup>	I/3
			Ulehlá	III.	20,0	170-220	34-38	0	400 <sup>+</sup>	650 <sup>+</sup>	850 <sup>+</sup>	650 <sup>+</sup>	I/4
			Velmi ulehlá	IV.	20,0	210-250	37-41	0	400 <sup>+</sup>	650 <sup>+</sup>	850 <sup>+</sup>	650 <sup>+</sup>	I/4-5
Štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy	G3 GF	sasiGr	Velmi kyprá	I.	19,0	<80	<30	0	150 <sup>+</sup>	225 <sup>+</sup>	350 <sup>+</sup>	250 <sup>+</sup>	I/1
			Kyprá	I.	19,0	80-85	30-33	0	195 <sup>+</sup>	292 <sup>+</sup>	455 <sup>+</sup>	325 <sup>+</sup>	I/2
			Středně ulehlá	II.	19,0	85-90	32-35	0	195 <sup>+</sup>	292 <sup>+</sup>	455 <sup>+</sup>	325 <sup>+</sup>	I/3
			Ulehlá	III.	19,0	90-95	33-36	0	300 <sup>+</sup>	450 <sup>+</sup>	700 <sup>+</sup>	500 <sup>+</sup>	I/4
			Velmi ulehlá	IV.	19,0	95-100	35-38	0	300 <sup>+</sup>	450 <sup>+</sup>	700 <sup>+</sup>	500 <sup>+</sup>	I/4-5
Štěrky hlinité	G4 GM	siGr	Velmi kyprá	I.	19,0	<60	<30	0	125 <sup>+</sup>	150 <sup>+</sup>	200 <sup>+</sup>	150 <sup>+</sup>	I/1
			Kyprá	I.	19,0	60-65	30-32	0-2	162 <sup>+</sup>	195 <sup>+</sup>	260 <sup>+</sup>	195 <sup>+</sup>	I/2
			Středně ulehlá	I.	19,0	65-70	31-33	2-4	162 <sup>+</sup>	195 <sup>+</sup>	260 <sup>+</sup>	195 <sup>+</sup>	I/3
			Ulehlá	II.	19,0	70-75	32-34	4-6	250 <sup>+</sup>	300 <sup>+</sup>	400 <sup>+</sup>	300 <sup>+</sup>	I/4
			Velmi ulehlá	III.	19,0	75-80	33-35	6-8	250 <sup>+</sup>	300 <sup>+</sup>	400 <sup>+</sup>	300 <sup>+</sup>	I/4-5
Štěrky jílovité	G5 GC	clGr	Velmi kyprá	I.	19,5	<40	<28	<2	75 <sup>+</sup>	100 <sup>+</sup>	125 <sup>+</sup>	100 <sup>+</sup>	I/1
			Kyprá	I.	19,5	40-45	28-30	2	97 <sup>+</sup>	130 <sup>+</sup>	162 <sup>+</sup>	130 <sup>+</sup>	I/2
			Středně ulehlá	I.	19,5	45-50	29-31	2-6	97 <sup>+</sup>	130 <sup>+</sup>	162 <sup>+</sup>	130 <sup>+</sup>	I/3
			Ulehlá	II.	19,5	50-55	30-32	5-8	150 <sup>+</sup>	200 <sup>+</sup>	250 <sup>+</sup>	200 <sup>+</sup>	I/4
			Velmi ulehlá	III.	19,5	55-60	32-33	7-10	150 <sup>+</sup>	200 <sup>+</sup>	250 <sup>+</sup>	200 <sup>+</sup>	I/4-5

POZNÁMKA 1 Pod hladinou podzemní vody se hodnoty  $R_{dt}$  snižují o 1/3!

POZNÁMKA 2 Z praktických důvodů je v tabulce uvedeno zařazení zemin také podle ČSN 73 1001:1988 Zakládání staveb – Základová půda pod plošnými základy, zrušené k 1.4.2010.

POZNÁMKA 3 Uvedená třída vrtatelnosti vychází z dokumentu ministerstva dopravy TP-76 Technické podmínky – Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace – část A: Zásady geotechnického průzkumu (aktualizováno v roce 2009).

POZNÁMKA 4 Horní index + u hodnot  $R_{dt}$  znamená, že se jedná o tabulkovou výpočtovou únosnost zeminy podle normy ČSN 73 1001.

POZNÁMKA 5 Třída těžitelnosti zeminy podle ČSN 73 6133. Z praktických důvodů je v tabulce uvedena také třída těžitelnosti zeminy podle ČSN 73 3050:1987 Zemné práce. Všeobecné ustanovenia, zrušené k 1.3.2010.

Tabulka M.4 – Charakteristické hodnoty parametrů hornin (pro  $R_{dt}$  uvedena návrhová hodnota)

ČSN 731001/ ČSN EN ISO 14689-1														Těžitelnost ČSN 736133 / ČSN 733050		
Polní stanovení	ČSN 731001	ČSN EN ISO 14689-1	Třída vrtatelnosti	$R_c$ ČSN 731001	$R_c$ ČSN EN ISO 14689- 1	$E_{def}$ (MN/m <sup>2</sup> ) / Stř.hustota diskontinuit (mm)			$\mu$ (Poissonovo číslo) / Stř.hustota diskontinuit (mm)			$R_{dt}$ (MN/m <sup>2</sup> ) / Stř.hustota diskontinuit (mm)			Klasifikace pevnosti	
	třída	třída		MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	>600	600-60	<60	>600	600- 60	<60	>600	600- 60	<60		
<b>Extrémně měkká</b>	R6	R6	I.-II.	0,5 – 1,5	<1	60-300	25-130	10-35	0,25- 0,35	0,25- 0,4	0,3- 0,4	0,4	0,25	0,15	extrémně nízká	I./2-3
<b>Velmi měkká</b>	R5	R5	II.	1,5 - 5	1 – 5	170- 1000	60-350	20-70	0,2- 0,3	0,2- 0,3	0,2- 0,3	0,6	0,3	0,2	velmi nízká	I./3-4
<b>Měkká</b>	R4	R4	III.	5-15	5 - 25	550- 3000	140- 1000	40- 150	0,2- 0,3	0,2- 0,3	0,2- 0,3	0,8	0,4	0,25	nízká	II./4-5
<b>Středně pevná</b>	R3	R3	IV.	15-50	25-50	1600- 10000	350- 3000	70- 300	0,15- 0,25	0,15- 0,25	0,15- 0,25	1,6	0,8	0,5	střední	II./5-6
<b>Pevná</b>	R2	R2	V.	50-150	50-100	5000- 25000	800- 8500	130- 600	0,1- 0,2	0,1- 0,2	0,1- 0,2	4	2	1,2	vyšoká	II.-III/6
<b>Velmi pevná</b>	R1	R1	VI.	>150	100- 250	15000- 25000	2000- 25000	250- 1500	0,1- 0,2	0,1- 0,2	0,1- 0,2	8	4	2,5	velmi vysoká	III./6-7
<b>Extrémně pevná</b>	R1	R0	VI.		>250	>25000	>25000	>1500	0,1	0,1	0,1	16	8	5	extrémně vyšoká	III./7

POZNÁMKA 1 Z praktických důvodů je v tabulce uvedeno zařazení zemin také podle ČSN 73 1001:1988 Zakládání staveb – Základová půda pod plošnými základy, zrušené k 1.4.2010.

POZNÁMKA 2 Uvedená třída vrtatelnosti vychází z dokumentu ministerstva dopravy TP-76 Technické podmínky - Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace – část A: Zásady geotechnického průzkumu (aktualizováno v roce 2009).

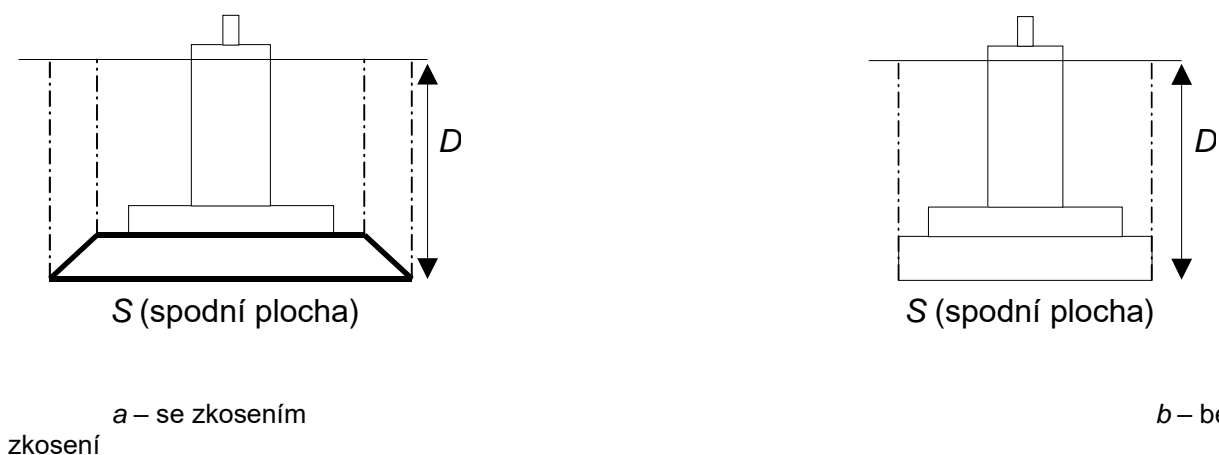
POZNÁMKA 3 Z praktických důvodů je v tabulce uvedena také třída těžitelnosti zeminy podle ČSN 73 3050:1987 Zemné práce. Všeobecné ustanovenia, zrušené k 1.3.2010.

## M.2 Příklady analytických modelů pro posouzení na únosnost proti vytažení

### M.2.1 Obecně

Únosnost v tahu (proti vytažení) se běžně posuzuje při navrhování stupňových základů.

Uvedené analytické modely platí pro níže uvedené konkrétní typy stupňových základů v zeminách (ne v horninách).



**Obrázek M.1 – Betonové stupňové blokové základy**

Celková únosnost základu v tahu (proti vytažení) je součet hodnot  $R_w$  a  $R_s$ .

$R_w$  vlastní tíha betonového základu a tíha zeminy nad půdorysnou plochou základu v prostoru  $S \times D$  (kN):

$S$  plocha základu na úrovni základové spáry ( $m^2$ );

$D$  hloubka základové spáry (m);

$R_s$  vliv bočního odporu zeminy na únosnost základu v tahu (proti vytažení) (kN).

### M.2.2 Výpočet $R_w$

Tíha betonu základu je rovna součinu objemu betonu základu a hustoty betonu  $\gamma_c$  ( $kN/m^3$ ).

Typickou hodnotou hustoty prostého betonu  $\gamma_c$  je  $22 kN/m^3$ , pro železobeton  $24 kN/m^3$ . V PS mohou být uvedeny jiné hodnoty  $\gamma_c$ .

Hodnoty tíhy zemin  $\gamma$  ( $kN/m^3$ ) jsou určeny geotechnickými zkouškami podle ČSN EN 1997- 2:2008.

U vrstevnatého geologického profilu se hustota zeminy  $\gamma$  uvažuje jako vážený průměr hustot všech typů zemin geologického profilu po celé hloubce základu.

Tíha zeminy je rovna součinu objemu zeminy nad základem a váženého průměru hustoty zemin.

Objem zeminy  $V_s$ , který se bere v úvahu, je dán následujícím vztahem:

$$V_s = S \times D - V_{bc},$$

kde je

$V_{bc}$  objem betonu pod úrovní upraveného terénu ( $m^3$ ).

Celková tíha, která působí proti vytažení základu, je dána následující rovnicí:

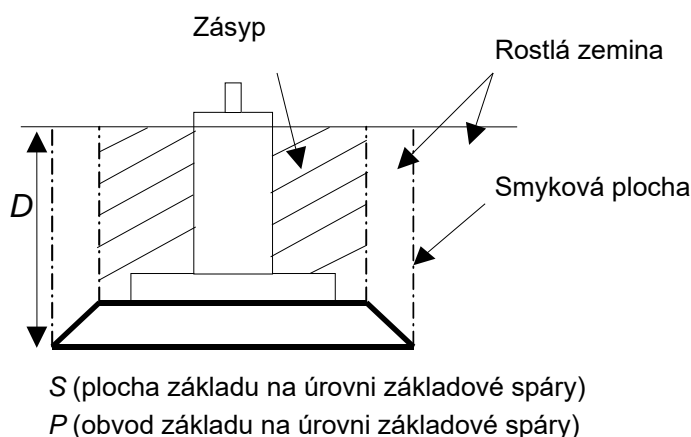
$$R_w = V_c \gamma_c + (S \times D - V_{bc}) \gamma$$

Hustota zásypu by měla být uvažována stejná jako u rostlé zeminy, pokud je zásyp ze stejného typu zeminy a je kvalitně zhutněn.

Při výskytu podzemní vody je třeba hustotu zeminy redukovat o hustotu vody ( $10 kN/m^3$ ) do úrovně hladiny podzemní vody.

### M.2.3 Výpočet $R_s$

Výpočet bočního odporu zeminy  $R_s$  závisí na typu základu.

**Případ a:** betonový stupňový základ se zkosením spodního stupně**Obrázek M.2 – Betonový stupňový základ se zkosením spodního stupně****Smyková plocha v rostlé zemině**

Boční odpor zeminy závisí na smykové únosnosti rostlé zeminy, která závisí na soudržnosti  $c$  a úhlu smykového odporu  $\phi$  (úhlu vnitřního tření) této zeminy.

Hodnoty soudržnosti  $c$  a úhel vnitřního tření  $\phi$  pro jednotlivé zeminy se určí geotechnickými zkouškami podle ČSN EN 1997- 2:2008.

U vrstevnatého geologického profilu se musí geotechnické parametry zeminy (soudržnost  $c$ , úhel vnitřního tření  $\phi$ ) uvažovat jako vážené průměry geotechnických parametrů všech typů zemín geologického profilu po celé hloubce základu.

V případě a, se boční odpor  $R_s$  (v kN) stanoví podle rovnice:

$$R_s = P D [ c + \frac{1}{2} K_0 \gamma D \operatorname{tg} \phi ],$$

kde je

$P$  obvod základu na úrovni základové spáry (m);

$D$  hloubka základu (m);

$c$  soudržnost zeminy (kPa);

$K_0$  součinitel zemního tlaku v klidu, obvykle 0,5;

Další hodnoty  $K_0$  z odborné literatury mohou být uvedené v PS.

$\gamma$  objemová tíha zeminy (kN/m<sup>3</sup>);

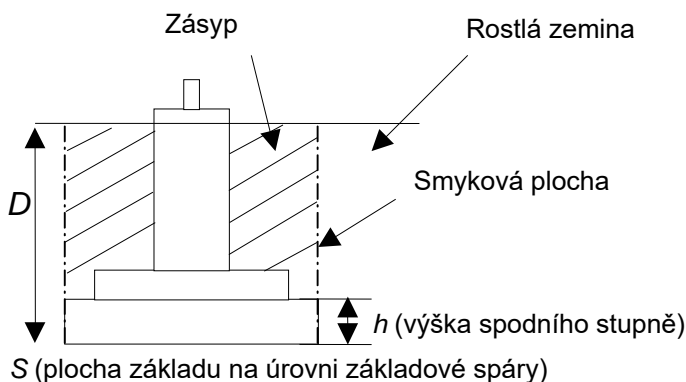
$\phi$  úhel vnitřního tření zeminy.

U vrstevnatého geologického profilu jsou hodnoty soudržnosti  $c$ , úhlu vnitřního tření  $\phi$  a objemové tíhy zeminy  $\gamma$  váženými průměry těchto geotechnických parametrů z hodnot všech typů zemín geologického profilu po celé hloubce základu.

**Případ b:** betonový stupňový základ bez zkosení spodního stupně

Smyková plocha, s níž se uvažuje při stanovení bočního odporu zeminy, se předpokládá jako svislá plocha v rovině rozhraní záсыpu a rostlé zeminy (viz obrázek M.3).





**Obrázek M.3 – Betonový stupňový základ bez zkosení spodního stupně**

### Smyková plocha mezi zásypem a rostlou zeminou

Boční odpor zeminy je součet dvou hodnot:

- smykový odpor na styčné ploše betonu základu a rostlé zeminy:  $R_{\text{slab}}$ ;
- smykový odpor na styčné ploše zásypu a rostlé zeminy:  $R_{\text{backfill}}$ .

Hodnoty soudržnosti  $c$  a úhel vnitřního tření  $\phi$  pro jednotlivé zeminy se určí geotechnickými zkouškami podle ČSN EN 1997- 2:2008.

Pro výpočet  $R_{\text{slab}}$  se u vrstevnatého geologického profilu musí geotechnické parametry zeminy (soudržnost  $c$ , úhel vnitřního tření  $\phi$ ) uvažovat jako vážené průměry geotechnických parametrů všech typů zemín geologického profilu podél výšky spodního stupně základu.

$R_{\text{slab}}$  se stanoví podle rovnice:

$$R_{\text{slab}} = P h [ c_s + \frac{1}{2} K_0 \gamma ( 2 D - h ) \operatorname{tg} \phi_s ],$$

kde je

- $P$  obvod základu na úrovni základové spáry (m);  
 $h$  výška spodního stupně základu (m);  
 $c_s$  soudržnost zeminy podél výšky spodního stupně základu (kPa);  
 $K_0$  součinitel zemního tlaku v klidu, obvykle 0,5;

Další hodnoty  $K_0$  z odborné literatury mohou být uvedené v PS.

- $\gamma$  objemová tíha zeminy po celé hloubce základu ( $\text{kN/m}^3$ );  
 $D$  hloubka základu (m);  
 $\phi_s$  úhel vnitřního tření zeminy podél výšky spodního stupně základu.

U vrstevnatého geologického profilu jsou hodnoty soudržnosti  $c_s$ , úhlu vnitřního tření  $\phi_s$  a objemové tíhy zeminy  $\gamma$  váženými průměry těchto geotechnických parametrů z hodnot všech typů zemín geologického profilu po celé hloubce základu.

Pro výpočet  $R_{\text{backfill}}$  se v případě vrstevnaté skladby zásypu počítá s hodnotami vážených průměrů úhlů vnitřního tření a hodnot objemové tíhy zeminy zásypu po celé hloubce základu  $D$ .

$R_{\text{backfill}}$  se stanoví podle rovnice:

$$R_{\text{backfill}} = P ( D - h ) [ \frac{1}{2} K_a \gamma ( D - h ) \operatorname{tg} \phi_b ],$$

kde je

- $P$  obvod základu na úrovni základové spáry (m);  
 $D$  hloubka základu (m);  
 $h$  výška spodního stupně základu (m);  
 $K_a$  součinitel aktivního zemního tlaku podle vztahu:  $K_a = \operatorname{tg}^2 ( \pi/4 - \phi/2 )$ ;

$\gamma$  objemová tíha zeminy po celé hloubce základu ( $\text{kN/m}^3$ );

$\phi_b$  úhel vnitřního tření zeminy zásypu.

U vrstevnatého geologického profilu se uvažuje hodnota váženého průměru  $\gamma$  tg  $\phi_b$ .

Úhel vnitřního tření zeminy zásypu se uvažuje stejný jako u rostlé zeminy, pokud je zásyp ze stejného typu zeminy a je kvalitně zhutněn.

POZNÁMKA U zásypu lze konzervativně uvažovat jeho soudržnost za zanedbatelnou.

V případě b se boční odpor zeminy  $R_s$  (v kN) stanoví podle rovnice:

$$R_s = R_{\text{slab}} + R_{\text{backfill}}$$

nebo:

$$R_s = P h [c_s + \frac{1}{2} K_0 \gamma (2 D - h) \text{tg } \phi_s] + P (D - h) [\frac{1}{2} K_a \gamma (D - h) \text{tg } \phi_b]$$

U vrstevnatého geologického profilu jsou hodnoty  $c_s$ ,  $\gamma$  tg  $\phi_s$  a  $\gamma$  tg  $\phi_b$  váženými průměry těchto geotechnických parametrů z hodnot všech typů zemín geologického profilu po celé hloubce základu.

#### M.2.4 Analytické stanovení $R_d$

Jak uvádí ČSN EN 1997-1:2006 kapitola 6 (plošné základy), při analytickém postupu se stanoví hodnoty krátkodobé a dlouhodobé únosnosti zeminy  $R_d$ , zejména v případě jemnozrnných zemín.

##### Stanovení dlouhodobé únosnosti

V tomto případě budou použity geotechnické parametry efektivní soudržnost  $c'$  a efektivní úhel vnitřního tření  $\phi'$ .

Zatížení námrazou se uvažuje jako dlouhodobé zvýšení zatížení na základ.

Návrhový přístup 2 dle normy EN 1997-1 (dílní součinitelé se použijí na únosnosti  $R$ )

$R_d$  se vypočítá podle rovnice:

$$R_d = (R_w + R_s) / \gamma_R,$$

kde je

$\gamma_R$  dílní součinitel, který se použije na únosnost základu (viz článek 8.2.2)

Návrhový přístup 3 dle normy ČSN EN 1997-1:2006 (dílní součinitelé se použijí na vlastnosti zeminy  $X$ )

$R_d$  se vyhodnocuje podle rovnice:

$$R_d = R_w + R_s / 1,25$$

POZNÁMKA 1 Podle tabulky 8.1:  $\gamma_{c'} = \gamma_{\phi'} = 1,25$  a  $\gamma_\gamma = 1$ .

##### Stanovení krátkodobé únosnosti

Pro tento případ budou použity geotechnické parametry totální soudržnost  $c_u$  a totální úhel vnitřního tření  $\phi_u$  (pro neodvodněné podmínky).

Zatížení větrem se uvažuje jako krátkodobé zvýšení zatížení na základ.

Návrhový přístup 2 dle normy ČSN EN 1997-1:2006 (dílní součinitelé se použijí na únosnosti  $R$ )

$R_d$  se vypočítá podle rovnice:

$$R_d = (R_w + R_s) / \gamma_R,$$

kde je

$\gamma_R$  dílní součinitel, který se použije na únosnost základu (viz článek 8.2.2)

Návrhový přístup 3 dle normy ČSN EN 1997-1:2006 (dílní součinitelé se použijí na vlastnosti zeminy  $X$ )

$R_d$  se vypočítá podle rovnice:

$$R_d = R_w + R_s / 1,4$$

POZNÁMKA 2 Podle tabulky 8.1:  $\gamma_{c_u} = 1,4$  a  $\gamma_\gamma = 1$ .

### M.3 Příklady semi-empirických modelů pro odhad únosnosti základu

#### M.3.1 Geotechnický návrh pomocí výpočtu

##### M.3.1.1 Obecně

Základová spára základu, na které se přenáší zatížení od základu do podloží, musí být v nezámrazné hloubce, nejméně  $0,8 \text{ m}$  pod terénem.

Charakteristické zemní tlaky, které jsou uvedené v tabulce M.5 (sloupec 5), se mohou použít do hloubky základu 1,5 m a šířky základu více jak 1,0 m. Jestliže je hloubka základu více než 1,5 m po všech jeho stranách, lze navrhovaný zemní tlak zvýšit hodnotou, která závisí na hodnotě přetížení od zeminy, která plyne z větší hloubky násobené koeficientem  $\kappa$  (viz tabulka M.5, sloupec 6):

$$P_{Rd} = P_{Rd \text{ at } 1,5\text{m}} + \gamma \kappa (t - 1,5) / 1\,000$$

##### M.3.1.2 Blokové základy

Blokové základy mohou být stupňovitě rozšířeny.

##### Předpoklady návrhu

Při návrhu blokových základů se bere v úvahu zatížení od stožáru, zatížení od vlastní tíhy základu a zatížení zeminou ve svislém průmětu nad základovou spárou. Zároveň může být uvážena tíha tělesa prostorové zemní výseče, jejíž hrany jsou odchýlené od svislých rovin v patě základu o úhel  $\beta$ . Velikost úhlu  $\beta$  závisí především na úhlu vnitřního tření a soudržnosti dané zeminy, dále na zhutnění a vazbě mezi povrchem betonu a zeminou (běžné hodnoty viz tabulka M.5, sloupec 10).

Při posuzování blokových základů může být počítáno s boční únosností zeminy v závislosti na zhutnění a charakteristikách dané základové půdy. Pro únosnost základu je v tomto případě podstatné, že zemina nebude dlouhodobě ani krátkodobě z okolí bočních stěn odtěžena během trvání zatížení na základ. Pokud by došlo k odtěžení zeminy, je třeba navrhnout opatření pro zajištění stability podpěrného bodu (např. přídavné kotvení).

##### Podmínky stability

Naklonění základu od návrhového zatížení by nemělo přesáhnout 1,5 %. V případě, že moment únosnosti vzhledem k napětím na bočních stěnách je větší než moment únosnosti vzhledem k napětím v základové spáře, postačí, když poměr momentu od všech stabilizujících zatížení k momentu od všech destabilizujících zatížení bude roven 1,0. Snižující se boční únosnost zeminy vzhledem k celkové únosnosti základu vede k vyšším požadavkům na bezpečnost proti překlopení, která vzroste na 1,2 v případě, že se boční únosnost zeminy blíží k nule. V PS mohou být specifikovány další podmínky týkající se stability.

Zemní tlaky musí být ověřeny. Když nebudou k dispozici přesnější hodnoty z geologického průzkumu, návrhové zemní tlaky mohou být převzaty z tabulky M.5.

Tabulka M.5 – Charakteristiky zemin pro návrh základů dle M.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Typy zemin	Objemová tíha		Úhel vnitřního tření	Svislá únosnost $\rho_{Rd}$ v hloubce $\leq 1,5$ m	Koeff. $k$	Úhel zemní výseče			
	přirozená vlhkost	včetně vztlaku				$\beta_0$			$\beta$
			Typ základu dle obr. M.5						
	(Charakt. hodnoty)		(Návrhové hodnoty)						
kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	Stupně	kN/m <sup>2</sup>	–	Stupně				
<b>ROSTLÁ ZEMINA</b>									
<b>Nesoudržné zemin</b>									
Písek sypký	17	9	30	270	4,7	–	18 až 21	16 až 18	5 až 10
Písek středně ulehlý	18	10	32,5	405	5,4	38 až 49	20 až 23	18 až 20	5 až 10
Písek ulehlý	19	11	35	540	6,7	41 až 53	22 až 25	20 až 22	8 až 10
Štěrk velmi hrubý, štěrk stejnozrný	17	9	35	540	6,7	41 až 53	22 až 25	20 až 22	8 až 12
Štěrk písčité dobré zrnatosti	18	10	35	540	6,7	41 až 53	22 až 25	20 až 22	8 až 12
Štěrk a hrubé kamenivo dobré zrnatosti	18	10	35	540	8,1		22 až 25	20 až 22	8 až 12
<b>Soudržné zemin</b>									
Velmi měkká	16	8	0	0	1,3		0	0	0
Měkká (snadno se hněte), čistě soudržná	18	9	15	54	2,7		9 až 10	6 až 8	4
Měkká, s nesoudrž. příměsemi	19	10	17,5	54	3,4		11 až 13	8 až 10	4
Tuhá (obtížně se hněte), čistě soudržná	18	9	17,5	135	3,4	21 až 27	11 až 15	8 až 11	6
Tuhá, s nesoudrž. příměsemi	19	10	22,5	135	4,0	26 až 34	13 až 17	10 až 13	6
Tvrdá, čistě soudržná	18	10	22,5	270	4,0	26 až 34	15 až 23	11 až 19	8
Tvrdá, s nesoudrž. příměsemi	19	11	25	270	4,7	29 až 38	17 až 26	13 až 21	8
Pevná, čistě soudržná	18		27,5	540	4,7	32 až 42	23 až 28	19 až 23	10
Pevná, s nesoudrž. příměsemi	19		30	540	5,4	35 až 46	26 až 28	21 až 23	10
Organické zemin a zemin obsahující organické složky	5 až 16	0 až 7	15		1,6			0	0
<b>Horniny</b>									
S výraznými puklinami nebo s nepříznivým vrstvením	20			nezávisí na hloubce až do 1 350					
Vzorek v neporuše- ném stavu s minimál- ními puklinami a příz- nivým rozvrstvením	25			až do 4 050					
<b>NAVÁŽKY A ZÁSYPY</b> V závislosti na stavu, tloušťce, ucelenosti a homogenitě půdní vrstvy mohou být použité hodnoty z řádků výše uvedených.									
Nehutněné násypy	12 až 16	6 až 10	10 až 25	40 až 135	2,7			6 až 13	4 až 10
Zhutněné násypy	Klasifikace podle typu zemin, hustoty rozvrstvení a konzistence.								

### M.3.1.3 Plošné základy

#### Předpoklady návrhu

V případě, že je konstrukce stožáru založena na základové desce (tj. boční podepření základu může být zanedbáno), berou se při návrhu v úvahu jak zatížení od konstrukce stožáru tak tíha základu a přitížení zeminou spočívající svise nad základem.

#### Spolehlivost vůči naklonění

Prokázání spolehlivosti vůči naklonění se provádí omezením výstřednosti výsledného svislého zatížení působícího na základovou spáru.

Výstřednost výsledného svislého zatížení má být taková, aby tlačenná plocha pod základem obsahovala průmět těžiště základu.

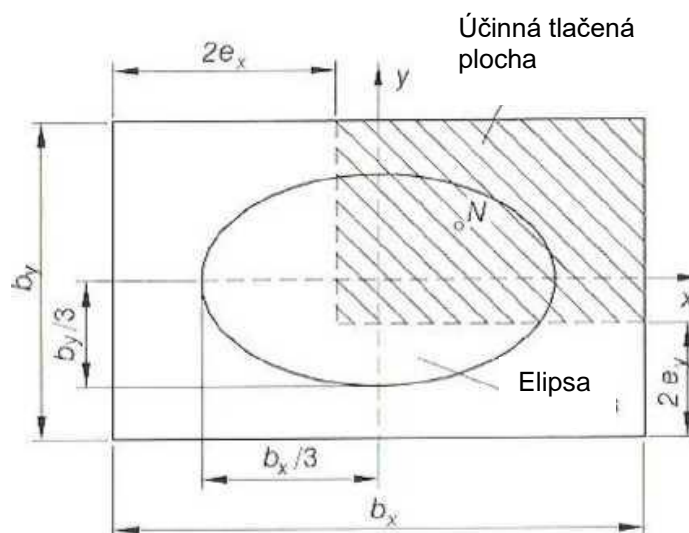
Důkaz se považuje za splněný, pokud výstřednost výsledného svislého zatížení splňuje následující podmínky:

Pro obdélníkové základy (viz obrázek M.4):

$$(e_x / b_x)^2 + (e_y / b_y)^2 \leq 1/9,$$

kde

$$e_x = M_{yd} / N_d ; e_y = M_{xd} / N_d$$



**Obrázek M.4 – Povolenná tlačenná plocha obdélníkového základu pro umístění síly  $N$  při výstřednosti  $e_x$  a  $e_y$  od výsledného svislého zatížení**

#### Spolehlivost vůči překročení únosnosti základové půdy

Dostatečná spolehlivost vůči kolapsu základové zeminy je prokázána, když teoretický tlak v základové spáře  $P$  nepřesáhne návrhovou hodnotu únosnosti základové půdy.

$$P = N_d / A \leq P_{Rd} / \gamma_R$$

Jestliže geologický průzkum neuvádí podrobnější hodnoty, lze použít hodnot návrhové únosnosti  $P_{Rd}$  z tabulky M.5.

Pro určení teoretického tlaku v základové spáře by měla být brána v úvahu jen taková plocha základové spáry, ve které výsledné celkové vertikální zatížení působí v jejím těžišti.

U obdélníkových základových desek o rozměrech  $b_x$  a  $b_y$  a výstřednostmi  $e_x$  a  $e_y$  velikost účinné tlačenné plochy je (viz obrázek M.4):

$$A = (b_x - 2|e_x|)(b_y - 2|e_y|)$$

## Excentricity zatížení

Při splnění podmínek, které jsou uvedeny v ČSN EN 1997-1:2006 článek 6.5.4 Zatížení s velkými excentricitami, mohou být excentricity zatížení větší, než je uvedeno v M.3.1.3.

### M.3.1.4 Roštové základy deskového typu

Jestliže je roštový základ navržen tak, že všechny jeho svislé prvky jsou spojeny jedním roštem vyrobeným z jednotlivých prahů, stabilita tohoto základu může být ověřena dle metody popsané výše. V případě, že světlá vzdálenost prahů nepřesáhne 1/3 hodnoty jejich šířky, může být plocha roštu uvažována jako celistvá.

Zhutnění zásypu musí být provedeno důkladně.

U prvků stožáru, které jsou zapuštěné v zemi a jsou odkloněné o více než 15° od svislice, se uvažuje dodatečné přitížení zemínou na nich spočívající. Přídavné zatížení musí minimálně odpovídat zatížení hranolem zemního tělesa o čtvercových základnách rozměrů trojnásobné šířky zapuštěného prvku.

### M.3.1.5 Samostatné pilotové základy

Při návrhu a posouzení základu sloupu, který je tvořen samostatnou pilotou či pilířem, je nutné do výpočtu zahrnout zatížení od stožáru, vlastní tíhu základu a také boční podepření zemínou, které je závislé na zhutnění či konzistenci a na geotechnických charakteristikách dané zeminy.

Předpokládaná zatížení jsou přenášena do základové půdy především boční únosností zeminy. Bere se v úvahu jak boční působení zeminy tak vodorovné deformace pilotového základu.

Posouzení samostatných pilotových základů mohou být prováděna dle uznávaných metod.

### M.3.1.6 Samostatné stupňové blokové základy

#### Předpoklady návrhu

Co se týče způsobu realizace či reakce na vnější zatížení se stupňové blokové základy (obrázek M.5) dělí na:

- základ typu A: spodní stupeň betonován do rostlé zeminy;
- základ typu B: spodní stupeň betonován do bednění.

V případě, že je výška spodního stupně minimálně 0,20 m, se při posudku na vytažení základu může k zatížení od vlastní tíhy základu připočítat zatížení od tíhy prostorové výseče zeminy, jejíž hrany jsou odchýlené od svislých rovin v patě základu o úhel  $\beta_d$  (obrázek M.5). Únosnost vypočtená pomocí úhlu  $\beta_d$  je hodnotou návrhovou.

Úhel  $\beta_d$  lze vypočítat dle vzorce:

$$\beta_d = \beta_0 \sqrt{(b/t)}$$

kde je

- $\beta_0$  úhel prostorové výseče zeminy pro  $b/t = 1$  dle tabulky M.5, sloupců 8 a 9;
- $b$  šířka spodního stupně (obrázek M.5);
- $t$  výška zemního jehlanu (obrázek M.5).

Pro případ kruhových základů se do vzorce za šířku základu dosazuje hodnota jeho průměru. V případě obdélníkových základů se za teoretickou šířku dosazuje geometrický průměr dle vzorce:

$$b = \sqrt{(b_1 b_2)}$$

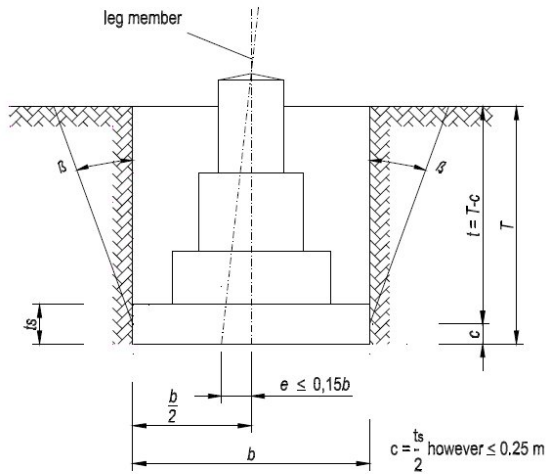
Tato formulace platí pro  $b_1/b_2 \leq 1,4$ .

Výše popsaná metoda je platná pouze pro ty stupňové blokové základy, jejichž poměr  $b/t$  je větší než 0,6.

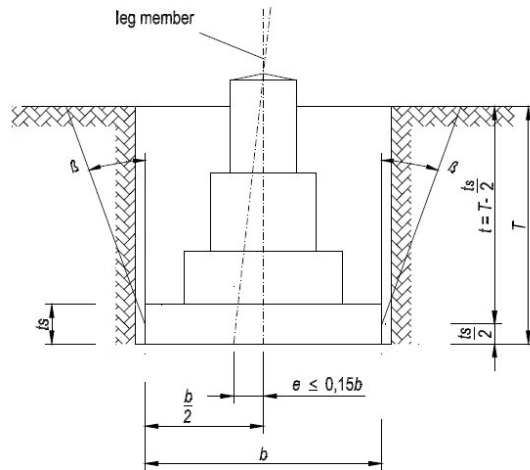
V případě, že poměr  $b/t$  přesáhne hodnotu 1, potom se pro výpočet bere  $\beta = \beta_0$ . Úhel  $\beta$  je omezen hodnotou 35°.

Úhel  $\beta_0$  se použije při posuzování základů typů A a S pro šířky základů mezi 1,5 m a 5,0 m. Z rozsahů hodnot  $\beta_0$  pro různé typy zemín udaných v tabulce M.5 je doporučeno vybírat nižší hodnoty  $\beta_0$  pro základy o větší šířce a vyšší hodnoty  $\beta_0$  pro základy o šířce menší. Pro mezilehlé hodnoty lze použít lineární interpolaci.

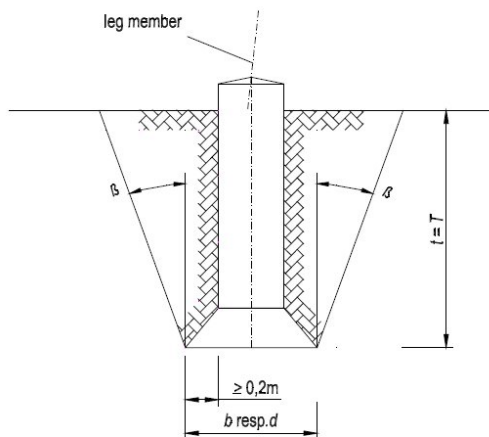
**Stupňovitý betonový základ typu A  
(betonováno do rostlé zeminy)**



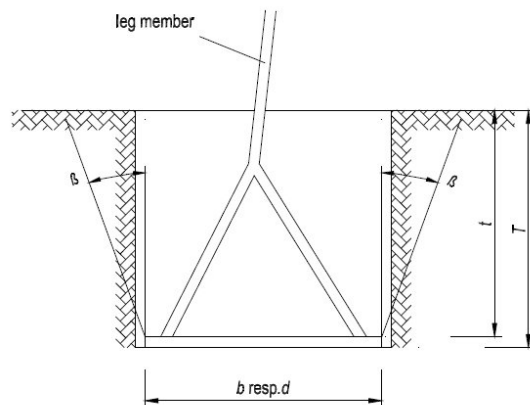
**Stupňovitý betonový základ typu S  
(betonováno do bednění)**



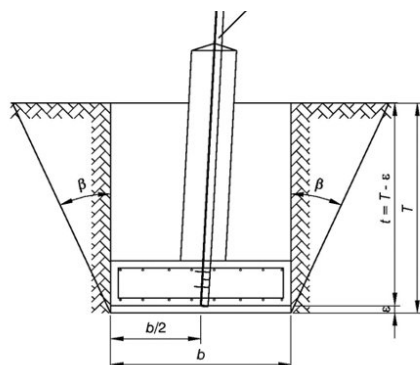
**Vrtaný nebo hloubený základ  
Typ základu B**



**Samostatný roštový základ  
(β jako u typu S)**



**Základ typu „deska a sloupek“  
(β jako u typu A nebo B)**



- $\beta$  = úhel zemiho jehlanu
- $e$  = dovolená výstřednost
- rostlá zemina
- zásyp

**Obrázek M.5 – Předpoklady pro návrh stupňovitých betonových základů, vrtaných nebo hloubených základů a samostatných roštových základů**

### Podmínky stability pro případ zatížení tlakem

V případě stupňovitých blokových základů zatížených tlakem musí být ověřeno, že tlaky v zemině, které je možno uvažovat v základové spáře za stejnoměrně rozložené, nepřesáhnou návrhové únosnosti dané v tabulce M.5. Stálé zatížení od vlastní tíhy základu včetně zatížení od tíhy zeminy spočívající na základu se ve výpočtu musí uvažovat. Vliv vodorovného zatížení na zemní tlaky může být vzhledem k převládajícímu svislému zatížení zanedbán.

### Podmínky stability při posudku na vytažení

U stupňovitých základů posuzovaných na vytažení musí být do výpočtu zahrnut dílčí součinitel  $\gamma_R$  o hodnotě 1,1. Celková rezerva stability je výsledkem dílčího součinitele  $\gamma_R$  a návrhové hodnoty úhlu  $\beta_d$  obsahující dodatečné rezervy v únosnosti.

### Dodatečné podmínky

Navíc se musí prokázat splnění těchto podmínek:

- pro základ typu A:  $G / Z > 0,67$ ;
- pro základ typu S:  $G / Z > 0,80$ ,

kde je

$G$  vlastní tíha základu a zeminy na něm spočívající (ve svislém průmětu);

$Z$  svislá složka tahové síly působící na základ.

Konečná hodnota únosnosti základu na vytažení je v zásadě určena zhutněním a konzistencí okolní základové zeminy. Vyšších hodnot únosnosti lze dosáhnout pomocí intenzivního hutnění základové zeminy (vibrační hutnění či podobné metody).

Myšlený bod průniku nárožníku patky stožáru se základovou spárou může být odchýlen od středu základové spáry maximálně o hodnotu  $e$  uvedenou na obrázku M.5.

### M.3.1.7 Vrtané nebo hloubené základy

#### Předpoklady návrhu

Vrtané nebo hloubené základy (základy typu B dle obrázku M.5) jsou základy sloupového typu s rozšířenou patou vyrobené z vyztuženého betonu. Zpravidla nepřenáší síly a momenty od stožárové konstrukce pouze osově, ale přenáší také zatížení od vodorovných sil a momentů bočním působením stěn na základovou zeminu.

Úhel  $\beta_d$  lze vypočítat dle vzorce:

$$\beta_d = \beta_0 \sqrt{(b/t)}$$

kde je

$\beta_0$  úhel prostorové výseče zeminy pro  $b/t = 1$  dle tabulky M.5, sloupce 7;

$b$  šířka spodního stupně (obrázek M.5);

$t$  hloubka základu (obrázek M.5).

Úhel  $\beta_d$  je omezen hodnotou  $35^\circ$ .

Parametry základových zemin lze vzít z tabulky M.5. Zpravidla se hodnoty úhlu  $\beta_0$  uvedené v tabulce M.5, sloupci 7 pro typ základu B vztahují na šířky základu mezi 1,2 m a 2,1 m. Z rozsahů hodnot  $\beta_0$  pro různé typy zemin udaných v tabulce M.5 je doporučeno vybírat nižší hodnoty  $\beta_0$  pro základy o větší šířce a vyšší hodnoty  $\beta_0$  pro základy o šířce menší. Pro mezilehlé hodnoty lze použít lineární interpolaci.

U těchto typů základů má být přenos horizontálních sil a momentů bočními tlaky do základové půdy posouzen pomocí obecně uznávaných metod.

### Podmínky stability pro případ zatížení tlakem

V případě zatížení tlakem na tento typ základů musí být ověřeno, že tlaky v zemině, které je možno uvažovat v základové spáře za stejnoměrně rozložené, nepřesáhnou návrhové únosnosti dané v tabulce M.5. Stálé zatížení od vlastní tíhy základu včetně zatížení od tíhy zeminy spočívající na rozšířené patě základu může být při počítání tlaku v základové spáře zanedbáno.

### Podmínky stability u tažených základů



U základů posuzovaných na vytažení musí být do výpočtu zahrnut dílčí součinitel  $\gamma_R$  o hodnotě  $\boxed{1,1}$ . Analytický posudek únosnosti na vytažení může být proveden použitím metody spolupůsobení prostorové výseče zeminy. Tímto může být do výpočtu k vlastní tíze základu, působící proti tahové síle, přidána tíha prostorové výseče zeminy, jejíž stěny jsou od svislice odchýlené o úhel  $\beta$ .

### Dodatečné podmínky

Vzorec pro určení úhlu  $\beta_a$  je platný pro základy, jejichž rozměry vyhovují následujícím okrajovým podmínkám:

- hloubka základu mezi 1,8 a 7,0 m
- průměr zemní šachty 0,7 až 1,5 m
- šířka základu mezi 1,2 a 2,1 m
- vyložení spodního stupně  $\geq 0,2$  m
- poměr šířky základu k hloubce založení  $0,25 \leq b/t \leq 0,7$

S ohledem na provádění by měl být poměr hodnoty vyložení spodního stupně k jeho výšce kolem 0,5 v případě soudržných zemín a kolem 0,33 v případě zemín nesoudržných.

#### M.3.1.8 Samostatné roštové základy

Ověření stability tohoto typu základů může být provedeno pomocí metody využívající tíhy prostorové výseče zeminy dle M.3.1.6. Úhel  $\beta_0$  je v tomto případě analogický k úhlu pro stupňové blokové základy se spodním stupněm betonovaným do bednění (typ základu S, obrázek M.5).

U základů posuzovaných na vytažení musí být do výpočtu zahrnut dílčí součinitel  $\gamma_R$  o hodnotě  $\boxed{1,35}$ .

V případě zatížení tlakem se provede uvedený posudek pro stupňové základové bloky (viz M.3.1.6). V případě, že světlá vzdálenost práčců nepřesáhne 1/3 hodnoty jejich šířky, může být plocha roštu uvažována jako celistvá.

Postup posouzení prutových prvků stožáru zasypaných zemínou je uveden v článku M.3.1.4.

#### M.3.1.9 Pilotové základy

Zpravidla se při návrhu pilotových základů předpokládá, že je výsledné zatížení od stožárové konstrukce do základové zeminy přenášeno výhradně pilotami. Pilotové základy se navrhují v souladu s požadavky ČSN EN 1997-1:2006, kap. 7.

Významné vodorovné složky zatížení mohou být zachyceny pilotami navrženými na ohyb za současného použití skloněných pilot či skupiny pilot.

Základové piloty by měly být zatíženy výhradně osovými silami. Musí být ověřen přenos zatížení od konstrukce stožáru do konstrukce piloty. Pokud je to možné, mělo by se vyhnout návrhu základů na plovoucích pilotách. Plovoucí piloty mohou být použity, pokud vrstvy podloží ve větších hloubkách jsou méně stlačitelné, a tak se dá očekávat menší sedání než v případě širokých základů mělce založených.

V rámci pilotového základu, který má určitou statickou funkci (např. přenáší pouze tlak nebo pouze tah), se použijí piloty, které v závislosti na metodě instalace, uspořádání a materiálu, poskytnou přibližně stejné vlastnosti, co se týče deformací a sedání.

Pokud nastane případ, že na rozlehlé ploše působí plošné zatížení (např. navážka) na málo únosnou vrstvu zeminy, která leží na únosném podloží, může docházet k vodorovným posunům málo únosné vrstvy. Tyto posuny působí na případné pilotové založení přidavným ohybovým zatížením.

Vnější zatížení pilot je výsledkem zatížení působícího na stožár. Při posudku pilot musí být zahrnuto působení vztlaku a další efekty, které snižují stabilitu piloty. U základů zatížených tlakovými silami se nemůže brát v úvahu případný efekt vztlaku (který by únosnost zvyšoval).

Piloty se instalují s minimální délkou 6 m a jsou usazovány tak, aby byly splněny požadavky v ČSN EN 1997-1:2006, článek 7.6.2.

Piloty (včetně šikmých pilot) musí být navrhovány s dostatečnými osovými vzdálenostmi tak, aby během instalace nebo v zatíženém stavu nedocházelo k nepříznivému přenášení sil z piloty na piloty sousední. Tento požadavek je splněn, když osová vzdálenost mezi pilotami v každém bodě, bude větší než trojnásobek největší šířky průřezu piloty.

Nosnost piloty závisí na stavbě a vlastnostech základové půdy, hladině podzemní vody, hloubce vetknutí do nosných základových vrstev a jejich tloušťce, tvaru piloty a jejího průřezu, materiálu piloty, povaze povrchu pilo-

ty, návrhu umístění piloty, uspořádání pilot, vzdálenosti pilot a na technologii realizace. Významnou roli hraje také tloušťka a tuhost přitěžujících zemních vrstev. Navíc musí být uváženo efekt stárnutí, negativního plášťového tření a bočního zatížení od vrstev zeminy.

V případě, že tření na plášti tvoří podstatnou část celkové únosnosti zarážené piloty, únosnost piloty může být po uplynutí delší doby po provedení zarážení dokonce zvýšena zejména v jemných písčitých zeminách, sedimentech či jílovitých zeminách.

Tlačené piloty mohou být zatížené negativním plášťovým třením v případě sedání horních vrstev zeminy. Tento efekt může být redukován vhodným návrhem pilot a volbou větších osových vzdáleností pilot. V případě tažených pilot nesmí být negativní plášťové tření do výpočtu zahrnuto tak, aby zvyšovalo únosnost piloty na vytažení.

Celková kapacita únosnosti skupiny pilot může být určena jako součet kapacit únosnosti jednotlivých pilot.

Tahová únosnost piloty může být teoreticky stanovena na základě plášťového tření. Hodnoty plášťového tření se odvodí pro dané podmínky založení a vybraný typ piloty na základě zkušeností pro každý jednotlivý typ zeminy geologického profilu. V případě vrstev o různých hodnotách plášťového tření, třecí síly mají být určeny jednotlivě pro každou vrstvu a konečná tahová únosnost má být určena jako jejich součet. Při tom má být zohledněna tloušťka jednotlivých vrstev, jejich pořadí a případná hladina podzemní vody.

Protože pro piloty existuje široký rozptyl hodnot tření na plášti, při posouzení piloty na vytažení musí být počítáno s dílčím koeficientem bezpečnosti  $\gamma_R$  o hodnotě  $\boxed{1,5}$ . Při posouzení na základě zatěžovacích zkoušek dle 8.2.4 je dostačující dílčí součinitel  $\gamma_R$  o hodnotě  $\boxed{1,1}$ .

Při posuzování pilot zatížených tlakem se berou minimálně takové hodnoty tření na plášti jako pro piloty zatížené tahem a také může být do posudku zahrnuta únosnost paty piloty. Měl by se použít dílčí součinitel  $\gamma_R$  o hodnotě  $\boxed{1,1}$ .

Vzpěrná únosnost volně stojících pilot se posuzuje na základě vzpěrné délky a podmínek podepření. Piloty zapuštěné v zemi nejsou obvykle náchylné na vybočení dokonce i ve vrstvách velmi měkkých zemin. Nicméně s vybočením je nutné počítat u štíhlých pilot ve velmi měkkých vrstvách zeminy v závislosti na charakteristické hodnotě neodvodněné smykové pevnosti těchto vrstev. Vodítkem hodnot smykové únosnosti mohou být hodnoty v ČSN EN 1997-1:2006 (7.8 (5)).

### **M.3.2 Návrh betonových základů**

#### **Posouzení**

Posouzení základů, výpočet sil a momentů a způsob realizace se provádí v souladu s ČSN EN 1992-1-1:2006, pokud není uvedeno jinak v následujících odstavcích. Musí se použít beton třídy minimálně C12/15.

Stupňové základy z prostého betonu musí vyhovovat podmínce, že poměr výšky stupně k jeho vyložení je minimálně roven 1,0. Stupeň s tímto poměrem menším než 1,4 musí být ověřen výpočtem a v případě nutnosti musí být vyztužen.

Specifikace materiálů použitých v základových konstrukcích, např. beton a jeho jednotlivé složky a betonářská výztuž, musí být v souladu s ČSN EN 1992-1-1:2006, ČSN EN 1993-1-1:2006. Pro konstrukční ocel a kotevní šrouby musí být vzaty v úvahu doporučení v článku 7.2.

#### **Propojení základové patky a základu**

Podrobnosti navržené metody řešení propojení základové patky a základu se uvedou v PS.

Patřičná pozornost by měla být věnována návrhu propojení, které je ovlivněno únavovým namáháním.

#### **Kotvení ocelových prvků do betonu**

Když je celkové tahové nebo tlakové zatížení kotevních ocelových prvků přenášeno do betonu zážkami, kotevními plechy, závlačkami apod., potom se musí ověřit, že tlaková napětí mezi kotevními prvky a betonem nepřekročí hodnoty dané v tabulce M.6, a že smykové napětí na obrysové ploše kotevních prvků nepřekročí hodnoty v tabulce M.6. V případě, že tyto hodnoty budou překročeny, musí být ověřena únosnost na vyvolané příčné tahy v betonu.

Jako obrysová plocha musí být vzata minimální obalová plocha kotvicích prvků.

Zabetonování ocelových prvků bez připojených kotevních elementů není povoleno.

Zabetonované ocelové prvky se navrhují dle ČSN EN 1993-1-1:2006. Namáhání svarů zážek a plechů ohybem nemusí být ověřováno.

**Tabulka M.6 – Návrhové hodnoty smykového a tlakového napětí pro případ kotvení ocelových prvků do betonu**

Třída betonu	Smykové napětí MN/m <sup>2</sup>	Tlakové napětí MN/m <sup>2</sup>
C 20/25	2,3	14,0
C 25/30	2,7	17,5
C 30/37	3,0	21,0

### Konstrukční návrh betonového základu

Konstrukční návrhové vlastnosti a postupy musí být v souladu s odpovídajícími evropskými normami.

Specifikace materiálů použitých při stavbě základu (např. betonu a jeho složek, konstrukční oceli a ocelové výztuže) musí být v souladu s ČSN EN 1992-1-1:2006 a ČSN EN 1993-1-1:2006.

Způsob spojení betonového základu a podpěrného bodu musí odpovídat požadavkům uvedeným v projektové specifikaci.

Základy z prostého betonu je třeba provádět tak, aby v rozsahu jednotlivých stupňů nevznikla pracovní spára. Pracovní spáry vzniklé technologií výstavby mezi jednotlivými stupni základů je třeba překlenout pomocí spojovací výztuže.

Spodní stupně základů mohou být navrženy z prostého betonu, ale jejich výška nesmí být menší než 1,4 násobek vyložení stupně. Toto ustanovení nemusí být dodrženo pouze v případě, je-li výpočtem doložena dostatečná únosnost navrhovaného stupně.

Pro spodní stupně základů lze použít beton třídy C12/15, pokud vyhoví statickému posouzení. Pro horní stupeň základu se musí použít beton třídy C20/25 nebo třídy vyšší, případně beton C12/15 s příměsemi pro mrazuvzdornost a hydrofobnost.

Pokud není v projektové specifikaci uvedeno jinak, musí být horní hrana nadzemní části betonového základu minimálně 400 mm nad terénem. Při provádění vyspádování zhlaví základů se musí dbát na provedení „fabionů“, tzn. lokálních protisměrných vyspádování povrchu betonu u vetknutí rohových úhelníků do betonu zhlaví tak, aby se v těchto místech nedržela voda a bylo jí umožněno volně odtékat od těchto vetknutí.

Horní část betonového základu (hlava základu) musí být vyztužena, aby se předešlo případnému vzniku trhlin.

Pro minimální krycí vrstvu výztuže  $c_{min}$  podle ČSN EN 1992-1-1:2006 platí:

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}\},$$

když je  $c_{min,b}$  minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti (při uspořádání prutů „oddělené“ je rovna průměru prutu při maximálním rozměru kameniva 32 mm);

$c_{min,dur}$  minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí (pro stupeň vlivu prostředí XF3, střídavě mokré a suché, a třídu konstrukce S4, návrhová životnost 50 let, je stanoveno 45 mm).

Při návrhu železobetonového základu je nutné dodržet podmínky pro minimální a maximální plochy podélné tahové výztuže podle ČSN EN 1992-1-1:2006 odst. 9.2.1.1:

$$A_{s,min} = 0,26 (f_{ctm} / f_{yk}) b_t d, \text{ ale nejméně } 0,0013 b_t d$$

$$A_{s,max} = 0,04 A_c,$$

kde je

$f_{ctm}$	pevnost v tahu, která se určí podle pevnostní třídy betonu v ČSN EN 1992-1-1:2006, tab. 3.1
$f_{yk}$	charakteristická hodnota meze kluzu betonářské oceli podle ČSN EN 1992-1-1:2006, tab. C.1
$b_t$	průměrná hodnota šířky tahové oblasti průřezu
$d$	účinná výška průřezu základu
$A_c$	plocha průřezu základu

### Statické posouzení betonu nebo železobetonu základu

Pokud není v PS uvedeno jinak, je možné navrhovat spodní stupeň základu z prostého betonu. Statické posouzení prostého betonu musí být v souladu s ČSN EN 1992-1-1:2006:

pro základové patky a pasy z prostého betonu namáhané ohybovým momentem a normálovou silou podle ČSN EN 1992-1-1:2006 odst. 12.6.1 musí platit:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd},$$

kde je

$N_{Ed}$  normálová síla působící na průřez základu

$N_{Rd}$  návrhová hodnota normálové síly na mezi únosnosti.

Pro stanovení návrhové hodnoty  $N_{Rd}$  platí:

$$N_{Rd} = \eta f_{cd} A_{cc},$$

kde je

$\eta$  součinitel účinné pevnosti, pro  $f_{ck} \leq 50$  MPa platí  $\eta = 1,0$

$f_{cd}$  návrhová hodnota pevnosti prostého betonu v tlaku

$A_{cc}$  plocha účinné tlačené oblasti.

Pro stanovení návrhové hodnoty prostého betonu v tlaku platí:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_C,$$

kde je

$\alpha_{cc}$  součinitel zohledňující dlouhodobé účinky na pevnost v tlaku a nepříznivé účinky způsobu zatěžování - v ČR platí doporučená hodnota 1,0

$f_{ck}$  charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku ve stáří 28 dní podle ČSN EN 1992-1-1:2006, tab. 3.1

$\gamma_C$  dílčí součinitel pro beton – v ČR platí doporučená hodnota 1,5.

Pro určení plochy účinné tlačené oblasti  $A_{cc}$  platí:

$$A_{cc} = b h_w (1 - 2 e / h_w),$$

kde je

$b$  celková šířka průřezu základu

$h_w$  šířka průřezu základu ve směru výstřednosti  $e$

$e$  excentricita síly  $N_{Ed}$  ve směru  $h_w$ , pro kterou platí:

$$e = M_{Ed} / N_{Ed},$$

kde je

$M_{Ed}$  ohybový moment působící na průřez základu.

Pro zamezení vzniku velkých trhlin se musí v souladu s ČSN EN 1992-1-1:2006 odst. 12.6.2 omezit maximální excentricita normálové síly  $N_{Ed}$  v průřezu:

$$0 \leq e \leq h_w / 2$$

Pro základové patky a pasy z prostého betonu namáhané posouvající silou a normálovou silou podle ČSN EN 1992-1-1:2006 odst. 12.6.3 musí platit:

$$\tau_{cp} \leq f_{c,vd},$$

kde je

$\tau_{cp}$  absolutní hodnota smykové složky návrhového napětí, pro jehož stanovení platí:

$$\tau_{cp} = k V_{Ed} / A_{cc},$$

kde je

$k$  v ČR platí doporučená hodnota součinitele 1,5

$V_{Ed}$  posouvající síla působící na průřez základu v tlačené oblasti  $A_{cc}$

Jestliže je  $\sigma_{cp} \leq \sigma_{c,lim}$ ,

kde je

$\sigma_{cp}$  absolutní hodnota normálové složky návrhového napětí

$\sigma_{c,lim}$  limitní hodnota normálové složky návrhového napětí,

pro stanovení návrhové hodnoty pevnosti betonu ve smyku za tlaku  $f_{cvd}$  platí:

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} f_{ctd}},$$

kde je

$f_{ctd}$  návrhová hodnota pevnosti prostého betonu v tahu.

Pokud je  $\sigma_{cp} > \sigma_{c,lim}$ , pro stanovení  $f_{cvd}$  platí:

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} f_{ctd} - \left(\frac{\sigma_{cp} - \sigma_{c,lim}}{2}\right)^2}.$$

Pro stanovení  $\sigma_{c,lim}$  platí:

$$\sigma_{c,lim} = f_{cd} - 2 \sqrt{f_{ctd} (f_{ctd} + f_{cd})},$$

kde je

$f_{ctd}$  návrhová hodnota pevnosti prostého betonu v tahu, pro kterou platí:

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk0,05} / \gamma_C,$$

kde je

$\alpha_{ct}$  součinitel, kterým se zohledňují dlouhodobé účinky na pevnost v tahu a nepříznivé účinky vyplývající ze způsobu zatěžování - v ČR platí automatická hodnota 1

$f_{ctk0,05}$  viz ČSN EN 1992-1-1:2006, tab. 3.1

Pro osově zatížené základové patky z prostého betonu podle ČSN EN 1992-1-1:2006 odst. 12.9.3 musí platit:

$$\frac{(0,85 \times h_F)}{a} \geq \sqrt{\frac{3 \times \sigma_{gd}}{f_{ctd}}}$$

kde je

$h_F$  výška základu

$a$  vyložení od líce horního stupně základu

$\sigma_{gd}$  návrhová hodnota tlaku v základové spáře

Pro únosnost prostého betonu v tlaku místně zatížených ploch od namáhání od ocelových zarážek musí podle ČSN EN 1992-1-1:2006 odst. 6.7 platit:

$$F_{sd} \leq F_{Rdu},$$

kde je

$F_{sd}$  síla působící v jedné ocelové zarážce

$F_{Rdu}$  návrhová hodnota soustředěné síly na mezi únosnosti, pro kterou platí:

$$F_{Rdu} = A_{c0} f_{cd},$$

kde je

$A_{c0}$  plocha zatížená ocelovou zarážkou, pro kterou platí:

$$A_{c0} = d b,$$

kde  $d$ ,  $b$  jsou rozměry plochy zarážky, která působí na beton.

Pokud návrh základu podpěrného bodu uvažuje se železobetonovým spodním stupněm základu, statické posouzení železobetonu musí být v souladu s ČSN EN 1992-1-1:2006:

Pro základové železobetonové patky a pasy namáhané ohybovým momentem (v příčném i podélném směru) podle ustanovení ČSN EN 1992-1-1:2006 musí platit:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

kde je

$M_{Ed}$  ohybový moment působící na průřez základu

$M_{Rd}$  návrhová hodnota ohybového momentu na mezi únosnosti, pro kterou platí:

$$M_{Rd} = A_s f_{yd} z,$$

kde je

$A_s$  plocha tahové výztuže

$f_{yd}$  návrhová hodnota meze kluzu betonářské oceli, pro kterou platí:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S,$$

kde je

$\gamma_S$  dílčí součinitel pro betonářskou ocel – v ČR platí doporučená hodnota 1,15

$z$  rameno vnitřních sil, pro jehož stanovení platí:

$$z = d - 0,4 x,$$

kde je

$x$  výška tlačené oblasti průřezu základu, pro kterou platí

$$x = \frac{A_s f_{yd}}{0,8 b f_{cd}},$$

kde je

$b$  šířka průřezu základu.

Výše uvedené postupy pro posouzení betonových a železobetonových základových patek a pasů platí pro betony s charakteristickými hodnotami válcové pevnosti v tlaku  $f_{ck} \leq 50$  MPa. Pro betony s vyššími charakteristickými hodnotami válcové pevnosti v tlaku se mění hodnota součinitele účinné tlakové pevnosti betonu  $\eta$  a hodnota součinitele definujícího efektivní výšku tlačené zóny průřezu  $\lambda$ , tím se mění i výše uvedené vztahy.

### Statické posouzení přípoje ocelové zarážky na rohový úhelník

Posouzení šroubového nebo svarového přípoje ocelové zarážky na rohový úhelník by mělo být provedeno podle postupu uvedeného v kap. 7.

## Příloha N (informativní)

### Vodiče a zemnicí lana

#### N.1 Specifikace vodičů a zemnicích lan

##### N.1.1 Hlediska, ovlivňující specifikaci vodičů a zemnicích lan

Vodiče a zemnicí lana, používané na venkovních vedeních, se navrhují tak, aby měly odpovídající mechanické a elektrické vlastnosti, určené návrhovými parametry vedení. Při specifikaci požadavků na vodiče a zemnicí lana pro použití na vedení může být potřebné uvažovat také dodatečná hlediska, vztahující se k provozu, údržbě a vlivu okolního prostředí a na okolní prostředí.

##### N.1.2 Provozní hlediska

Typická hlediska jsou:

- cílová spolehlivost soustavy a čas na znovuvvedení do provozu pro různé kategorie výpadků;
- proudová přenosová schopnost (trvalá a krátkodobá);
- omezení elektrických ztrát ( $R$  a koróna);
- vnitřní a vnější nejkratší vzdálenosti;
- omezení elektrických parametrů vedení (podélná reaktance, příčná susceptance atd.);
- požadovaná životnost.

##### N.1.3 Požadavky údržby

Důležitý požadavek je:

- přístup po vodičích k armaturám v rozpětí (například k distančním rozpěrkám, prostředkům pro viditelné označení atd.).

##### N.1.4 Parametry prostředí

Typické parametry jsou:

- zatížení větrem a/nebo námrazou, ovlivňující volbu pevnosti, průhyb, chování při vibracích a tančení vodičů;
- znečištění ovlivňující korozní ochranu;
- blesková činnost ovlivňující specifikaci vodičů a zemnicích lan;
- omezení rádiového (a jiného) rušení;
- omezení akustického hluku;
- značky pro zviditelnění lan pro ptáky a letadla;
- vizuální dopad (například povrchová úprava vodiče);
- elektrická a magnetická pole;
- mazání vodičů (například bod skápnutí a chemické složení);
- nejvyšší a nejnižší teplota okolí.

Kromě vlastností, stanovených na základě návrhových parametrů venkovních vedení a hledisek, uvedených v N.1, by se měla brát v úvahu také volba vodičů pro konkrétní použití.

Úvahy mohou zahrnovat:

#### N.2 Volba vodičů a zemnicích lan

- typ vodiče – z kruhových nebo tvarovaných drátů, stáčené nebo jiné konstrukce;
- typ svazku – jednoduchý vodič, dvojsvazek, trojsvazek, čtyřsvazek atd.

- materiály vodičů, jejichž příklady jsou:
  - celohliníkový vodič (AL1);
  - hliníkový vodič zesílený hliníkovou slitinou (AL1/ALx);
  - hliníkový vodič zesílený ocelí (AL1/STyz);
  - hliníkový vodič zesílený hliníkem oplátovanou ocelí (AL1/yzSA);
  - vodič ze slitiny hliníku zesílený ocelí (ALx/STyz);
  - vodič ze slitiny hliníku zesílený hliníkem oplátovanou ocelí (ALx/yzSA);
  - vodič ze slitiny hliníku (ALx);
  - ocelový vodič oplátovaný hliníkem (yzSA);
  - měděný vodič nebo vodič ze slitiny mědi;
  - ocelový vodič.
- rozměry vodiče a svazku;
- proudovou přenosovou schopnost;
- typ maziva a jeho množství;
- povrchovou úpravu (včetně nátěru);
- vodivost;
- charakteristiku mechanické napětí/poměrné prodloužení;
- únosnost v tahu (včetně snížení vlivem teploty a času);
- tečení;
- požadavky na optická vlákna (včetně ochrany);
- ochranu proti korozi;
- vibrační charakteristiky (samotlumení, vertikální a torzní tuhost, poměr hmotnosti a délky atd.);
- nejvyšší provozní teplotu (trvalou, krátkodobou a při zkratu);
- dovolená zatížení podpěrných bodů vedení.

### **N.3 Balení a dodávka vodičů a zemnicích lan**

Vodiče musí být zabaleny a dopraveny na místo na vhodných bubnech, obsahujících délky předem dohodnuté mezi odběratelem a dodavatelem; zacházení s dřevěnými bubny by mělo být uvedeno v PS. Bubny musí poskytovat vodičům odpovídající ochranu. Musí být učiněna vhodná opatření pro vrácení nebo zacházení s prázdnými bubny.

### **N.4 Opatření při montáži vodičů a zemnicích lan**

Po celou dobu montáže vodičů se s nimi musí zacházet opatrně, aby se minimalizovalo poškození jejich povrchu. Zejména musí být učiněna opatření k zabránění oděru vodičů jejich kontaktem se zemí nebo s jinými povrchy.



## Příloha P (informativní)

## Zkoušky izolátorů a izolátorových závěsů

## P.1 Seznam odkazů na zkoušky

Tabulka P.1 – Seznam odkazů na zkoušky porcelánových nebo skleněných izolátorů a izolátorových závěsů pro venkovní vedení (pokračování)

	Závěsné izolátory		Izolátorové závěsy	Podpěrné izolátory pro vedení	Tahové izolátory
	Tyčové (typ A)	Talířové (typ B)			
<b>Standardní typové zkoušky:</b>					
Ověření rozměrů	X	X	X	X	X
Zkouška střídavým výdržným napětím za deště	X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>	X <sup>f</sup>	X	X
Zkouška výdržným napětím při atmosférickém impulzu za sucha	X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>	X	X	-
Zkouška výdržným napětím při spínacím impulzu za deště	-	-	X <sup>g</sup>	-	-
Termomechanická provozní zkouška	X	X	-	-	-
Mechanická nebo elektromechanická zkouška porušujícím zatížením	X	X	-	X	X
<b>Volitelné typové zkoušky:</b>					
Zkouška rádiového rušení	-	X	X	X	-
Zkouška při znečištění	-	-	X <sup>b</sup>	X	-
Zkouška obloukovým zkratem	-	-	X	X	-
Průrazná zkouška impulzním napětím	-	X	-	X <sup>e</sup>	-
Zkouška zinkové objímky	-	X <sup>c</sup>	-	-	-
Zkouška zbytkové pevnosti	-	X	-	-	-
<b>Výběrové zkoušky:</b>					
Ověření rozměrů	X	X	-	X	X
Ověření systému zajištění a výchylek	X	X	-	-	-
Zkouška teplotními cykly (pouze u izolátorů porcelánových nebo ze žíhaného skla)	X	X	-	X	X

Tabulka P.1 (dokončení)

	Závěsné izolátory		Izolátorové závěsy	Podpěrné izolátory pro vedení	Roubíkové podpěrky	Tahové izolátory
	Tyčové (typ A)	Talířové (typ B)				
<b>Výběrové zkoušky (pokračování):</b>						
Mechanická nebo elektromechanická zkouška porušujícím zatížením	X	X	-	X	X	X
Zkouška tepelným šokem (pouze izolátory z tvrzeného skla)	-	X	-	X	X	-
Výdržná průrazná zkouška	-	X	-	X <sup>e</sup>	X	-
Zkouška průlinčitosti (pouze porcelánové izolátory)	X	X	-	X	X	X
Zkouška pokovení	X	X	-	X	-	-
<b>Volitelné výběrové zkoušky:</b>						
Průrazná zkouška impulzním napětím	-	X	-	-	X	-
Zkouška zinkové objímky	-	X <sup>c</sup>	-	-	-	-
<b>Výrobní kusové zkoušky:</b>						
Vizuální prohlídka	X	X	-	X	X	X
Mechanická zkouška	X	X	-	X ( $h > 300$ mm)	-	-
Elektrická zkouška	-	X <sup>d</sup>	-	-	X <sup>d</sup>	-
<b>Volitelné kusové zkoušky</b>						
Zkouška ultrazvukem	X	-	-	-	-	-
<p><sup>a</sup> Zkouška se provádí na jednom krátkém normalizovaném řetězci nebo na jednom tyčovém izolátoru.</p> <p><sup>b</sup> Zkoušky při znečištění se obvykle provádějí na izolátorových závěsech bez armatur.</p> <p><sup>c</sup> Zkouška se normálně nevyžaduje pro systémy se jmenovitým střídavým napětím &lt; 45 kV.</p> <p><sup>d</sup> Použitelné pro izolátory z keramických materiálů (viz ČSN IEC 383-1).</p> <p><sup>e</sup> Použitelné pro podpěrné izolátory pro vedení, které nejsou odolné průrazu.</p> <p><sup>f</sup> Zkouška na izolátorových závěsech pro sítě s <math>U_s \leq 245</math> kV.</p> <p><sup>g</sup> Zkouška na izolátorových závěsech pro sítě s <math>U_s &gt; 245</math> kV.</p>						

## P.2 Typové zkoušky izolátorových závěsů

U izolátorových závěsů pro nejvyšší napětí sítě 123 kV a vyšší se kromě elektrických zkoušek podle ČSN EN 60383-2 vyžadují jako standardní následující typové zkoušky:

- zkoušky rádiového rušení podle ČSN EN 60437 (požadavky viz 10.3);
- zkoušky obloukovým zkratem podle ČSN EN 61467 minimálně na jednoduchém (dvojitém) nosném izolátorovém závěsu z řady izolátorových závěsů s izolátorem daného typu (požadavky viz 10.5);

### P.3 Volitelné typové zkoušky

#### Dynamické zkoušky kotevních závěsů

Dynamické zkoušky na kotevních závěsech z tyčových porcelánových izolátorů se provádí na základě požadavku uvedeného v PS.

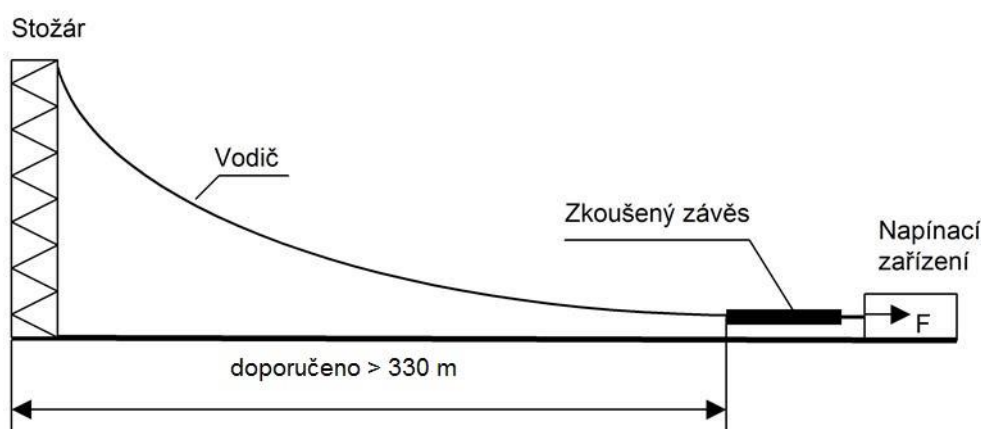
Při přerušení jednoho řetězce u vícenásobného kotevního izolátorového závěsu nesmí vlivem dynamických tahových sil a ohybových momentů dojít k přetržení zbývajících izolátorových řetězců.

Dynamická odolnost se ověřuje výpočtem nebo dynamickou mechanickou zkouškou v rámci volitelných typových zkoušek.

Provedení dynamické mechanické zkoušky se doporučuje zejména u dvojitých kotevních závěsů z porcelánových tyčových izolátorů u nového, dosud neověřeného dodavatele.

Ověření (výpočtem nebo zkouškou) se provádí pro počáteční zatížení izolátorového závěsu tahem vodiče o velikosti 100 % nejvyššího tahu vodiče, vyplývajícího ze zatěžovacích stavů 1, 3a a 4 podle tabulky 4.11 (pokud není v PS požadována vyšší hodnota výchozího zkušebního tahu).

Příklad zkušebního uspořádání je na následujícím obrázku P.1.



**Obrázek P.1 – Příklad zkušebního uspořádání pro zkoušku dynamickým namáháním**

Izolátorový závěs se zatíží stanovenou silou a pak se jeden řetězec rázem přeruší. Zkoušky se provádějí na dvou závěsech daného typu a na každém závěsu se provedou dva pokusy. Závěs zkoušce vyhoví, nedojde-li k přetržení zbývajících řetězců.

Při zkoušce se doporučuje měřit časový průběh poměrných prodloužení v různých místech izolátorů v řetězci (jejich maximální hodnoty a jim odpovídající napjatost). Na základě porovnání těchto hodnot s mezními hodnotami, zjištěnými při statickém zatížení kombinovaným namáháním (tah, ohyb) do porušení, lze pak vyhodnotit, jaká je bezpečnost závěsu při dynamickém namáhání.

## Příloha Q (informativní)

### Izolátory

#### Q.1 Specifikace izolátorů

##### Q.1.1 Hlediska ovlivňující specifikaci izolátorů

Izolátory a izolátorové závěsy, používané na venkovních vedeních, se navrhují tak, aby měly odpovídající elektrické a mechanické vlastnosti, určené návrhovými parametry vedení. Při specifikaci požadavků na izolátory a izolátorové závěsy pro použití na vedení může být potřebné uvažovat také dodatečná hlediska, vztahující se k provozu, údržbě a vlivu okolního prostředí a na okolní prostředí.

##### Q.1.2 Provozní hlediska

Typická hlediska jsou:

- cílová spolehlivost soustavy a čas na znovuuvedení do provozu pro různé kategorie výpadků;
- požadovaná životnost každé součásti;
- jmenovité napětí sítě;
- dočasná přepětí;
- koordinace izolace a možnosti vypínání vedení;
- nejkratší elektrické vzdálenosti.

##### Q.1.3 Požadavky údržby

Typické požadavky jsou:

- způsoby práce pod napětím nebo bez napětí;
- přístup na vodiče přes izolátory;
- chování poškozených izolátorů, tj. zbytková pevnost;
- požadavky na uchycení zařízení pro údržbu jak na nosné, tak na kotevní izolátorové závěsy.

##### Q.1.4 Parametry prostředí

Typické parametry jsou:

- nadmořská výška a její vliv na chování izolátorů;
- stupeň znečištění a jeho typ;
- omezení hladiny akustického hluku nebo radiového rušení;
- blesková činnost (hustota úderů blesku [isokeraunická hladina]) a rozsah ochrany sítě proti tomuto vlivu;
- nejvyšší a nejnižší teploty okolí;
- vizuální dopad, například barva izolátorů;
- vandalismus.

#### Q.2 Volba izolátoru

Kromě elektrických a mechanických charakteristik, stanovených na základě návrhových parametrů venkovního vedení a hledisek, uvedených v Q.1, by se mělo dbát také na výběr izolátorů pro konkrétní použití. Tyto úvahy mohou zahrnovat:

- izolátory z keramických materiálů nebo skla, například izolátorové závěsy z talířových izolátorů nebo z tyčových izolátorů, podpěrné izolátory pro vedení;
- kompozitní izolátory;

- rozměry, včetně délky řetězců nebo závěsů, rozteč mezi izolátorovými řetězci, průměr, povrchová cesta, profil stříšek, uspořádání spojení a upevnění;
- výdržná napětí;
- ochrana proti korozi, například pozinkování kovových částí, zinková objímka na talířových izolátorech, mazání spojů;
- hmotnost izolátorů, řetězců a závěsů.

### **Q.3 Balení a dodávka izolátorů**

Izolátory by měly být baleny způsobem vhodným pro jejich bezpečnou dopravu na místo. Velikost a váha jednotlivých balení izolátorů by měly umožňovat pohodlné zacházení na staveništi a během stavby vedení, například podle požadavků odběratele.

Objem a váha hromadných balení izolátorů by měly být v souladu s požadavky na dopravní prostředky a s omezeními při mechanizovaném zacházení.

Konstrukce obalů by měla zajistit vhodnou ochranu a oporu izolátorů a měla by co možná nejvíce poskytovat ochranu před poškozením nárazem a poškozením stříšek za podmínek běžně očekávatelných při transportu a zacházení na staveništi.

Balení by mělo splňovat jakékoliv požadavky, týkající se způsobu zacházení s obalovým materiálem.

### **Q.4 Opatření při montáži izolátorů**

Při montáži izolátorů by se s nimi mělo zacházet s dostatečnou opatrností, aby nedošlo k jejich poškození. V některých případech může být vhodné použití mechanických zdvihacích zařízení. Při ručním nebo mechanizovaném zdvihání izolátorů je třeba brát náležitě v úvahu bezpečnost osob.

Při zdvihání delších izolátorových řetězců nebo závěsů se doporučuje použití montážní kolébky nebo jiného zařízení pro minimalizování ohybových zatížení a vyloučení jakéhokoliv rizika deformace spojení závěsných izolátorů nebo poškození kompozitních izolátorů.

Izolátory s omezenou pohyblivostí spojení (například vidlice, oko ploché nebo řetězové) se mohou poškodit, jsou-li vystaveny vysokému torznímu zatížení. Proto může být nutné použít při tažení vodičů zařízení pro uvolnění torzního zatížení (otočné spojky).

## Příloha R (informativní)

### Armatury venkovních vedení

#### R.1 Specifikace a volba armatur

##### R.1.1 Hlediska, ovlivňující specifikaci a volbu

Armatury, používané na venkovních vedeních, se navrhují tak, aby měly odpovídající mechanické a elektrické vlastnosti, určené návrhovými parametry vedení. Při specifikaci požadavků na armatury a při výběru konkrétních návrhů pro použití na vedení může být potřebné uvažovat také dodatečná hlediska, vztahující se k provozu, údržbě a vlivu okolního prostředí a na okolní prostředí.

##### R.1.2 Provozní hlediska

Typická hlediska jsou:

- cílová spolehlivost soustavy, bezpečnost a čas na znovuvvedení do provozu pro různé kategorie výpadků;
- požadovaná životnost každé součásti;
- rozsah provozního napětí;
- proudová přenosová schopnost;
- chování při zkratech;
- omezení elektrických ztrát;
- omezení mechanického namáhání vhodnou konstrukcí svorek.

##### R.1.3 Požadavky údržby

Typické požadavky jsou:

- způsob práce – pod napětím nebo bez napětí;
- přístup na vodiče přes izolátory a armatury;
- požadavky na uchycení zařízení pro údržbu jak na nosné, tak na kotevní izolátorové závěsy;
- přístup po vodičích k armaturám v rozpětí (například k distančním rozpěrkám, prostředkům pro viditelné označení).

##### R.1.4 Parametry prostředí

Typickými parametry jsou:

- charakteristiky větru pro chování při vibracích;
- omezení hladiny akustického hluku nebo rádiového rušení;
- vandalizmus;
- viditelná označení pro ptáky a letadla;
- rozsah okolních teplot a nejvyšší a nejnižší teplota;
- atmosférické znečištění, ovlivňující ochranu proti korozi;
- zatížení větrem nebo námrazou, mající vliv na volbu pevnosti.

#### R.2 Balení a dodávka armatur

Armatury by měly být baleny způsobem vhodným pro jejich bezpečnou dopravu na místo. Velikost a váha jednotlivých balení armatur by měla umožňovat pohodlné zacházení na staveništi.

Objem a váha hromadných balení armatur by měly být v souladu s požadavky na dopravní prostředky a s omezeními při mechanizovaném zacházení.

Balení by mělo splňovat jakékoliv požadavky, týkající se způsobu zacházení s obalovým materiálem.

### **R.3 Opatření při montáži armatur**

Při montáži armatur by se s nimi mělo zacházet s dostatečnou opatrností, aby se vyloučilo jejich poškození. V některých případech může být na místě použití mechanického zdvihacího zařízení. Při ručním nebo mechanizovaném zdvihání armatur je třeba brát náležitě v úvahu bezpečnost osob.

Příloha S (informativní)

Mapa námrazových oblastí České republiky

